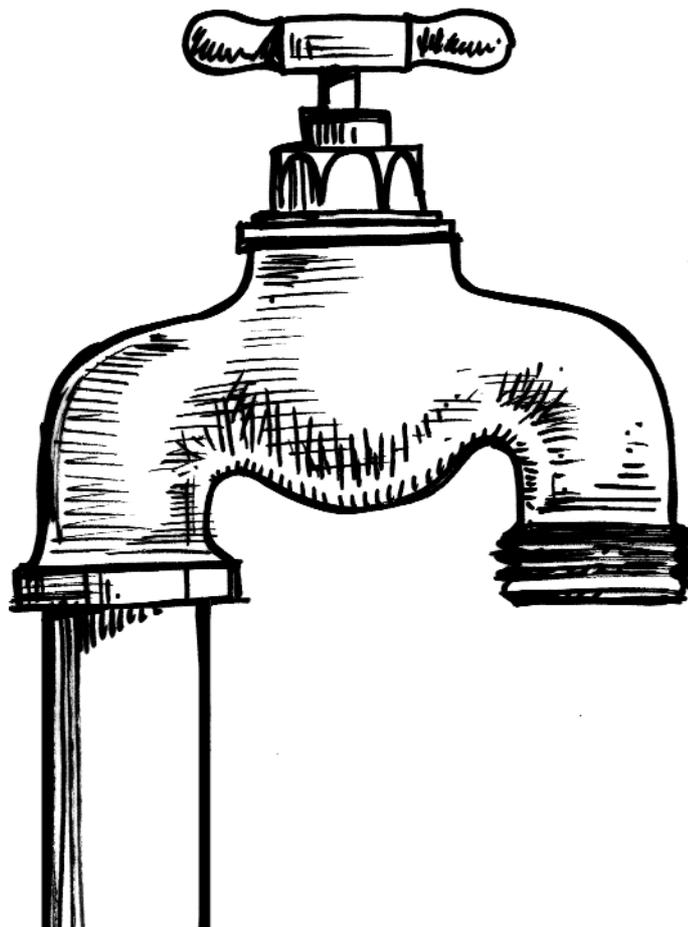
República de Moçambique

Ministério de Obras Públicas e Habitação - Direcção Nacional de Águas

PRIMEIRO PROJECTO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DE ÁGUA RURAL

Manual Técnico:

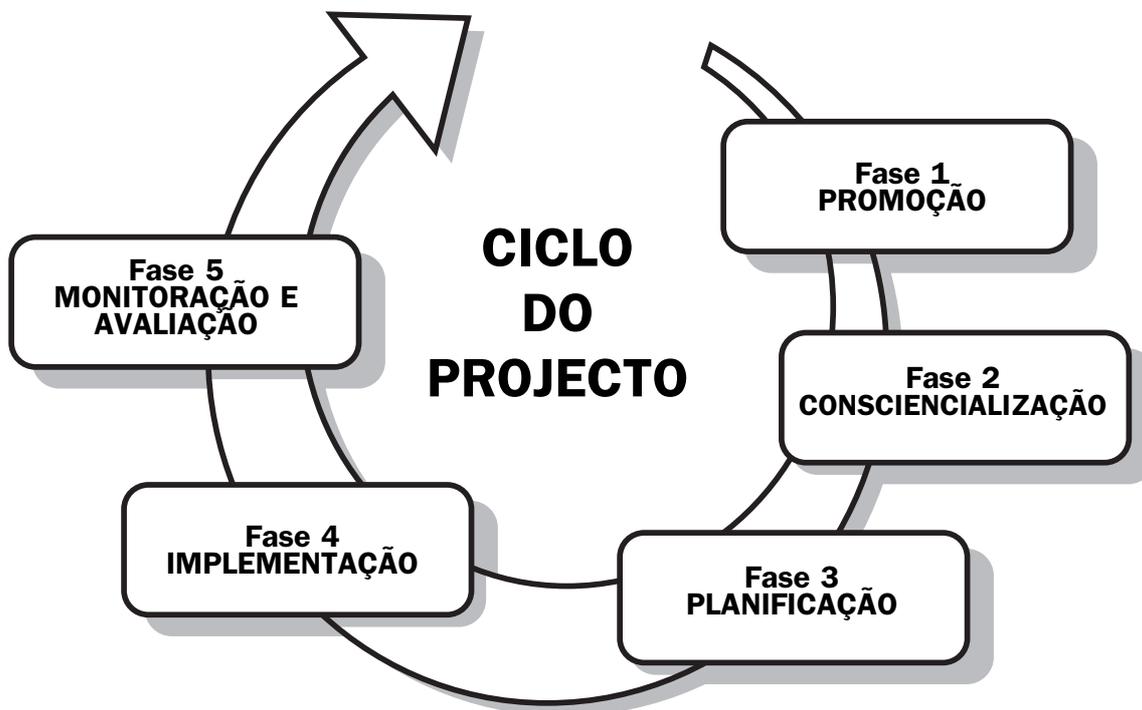
Para a Implementação de Projectos de
Abastecimento de Água e Saneamento Rural

Produzido pelo: Consórcio ER África

INDICE

SUMÁRIO EXECUTIVO

Este manual foi produzido com vista a assistir e promover um entendimento da contextualização da componente técnica em qualquer projecto de água.

O ciclo normal de um projecto de água compreende cinco fases a saber:

Embora este manual não trate em detalhe as Fases de do ciclo do projecto, o mesmo fornece muita da informação necessária para a condução das fases de Promoção, Consciencialização e M&A. A informação específica contida neste manual, cobre a informação inerente à fase de consciencialização para a identificação da opção da fonte de água, das opções técnicas e dos procedimentos de Operação e Manutenção (O&M). O principal propósito deste manual é portanto o de:

- Fornecer ao utilizador e à comunidade, a informação geral necessária sempre que se avalia uma opção técnica de fonte de água em determinado projecto.
- Promover a consciencialização sobre as diferente fontes e opções técnicas e as respectivas necessidades de O&M.

A fase de Promoção é tratada em detalhe no Plano Estratégico de Comunicação enquanto que, a de Consciencialização e de M&A são discutidas em detalhe no Manual Social.

O presente Manual Técnico trata especificamente as fases de Planificação e Implementação de projectos de abastecimento de água rural.

Relativamente à fase de Planificação o mesmo aborda os seguintes aspectos:

- Identificação das necessidades de água das comunidades
- Identificação e avaliação das diferentes opções de fonte de água e avaliação dos aspectos quantitativos e qualitativos à elas referentes.
- A identificação das opções de fonte de água mais adequadas para responder as necessidades de água das comunidades
- A identificação e avaliação das diferente opções técnicas disponíveis de elevação distribuição da água
- A determinação dos custo inerentes à(s) combinação(-ões) identificadas de fonte/dispositivos de elevação e distribuição
- A planificação para a implementação do projecto

A fase de Implementação aborda os seguinte aspectos:

- A planificação e as considerações de dimensionamento
- Os procedimentos inerentes à construção/instalação
- Os procedimentos recomendados de operação e manutenção
- Avaliação dos custos de investimento e de O&M
- Os Check list para implementação de:
- As listas de verificação possíveis fontes de água designadamente:
  - – Poços manualmente escavados
  - – Furos pouco profundos
  - – Furos profundos
  - – Nascentes
  - – Fontes superficiais– (albufeiras de barragens e diques rios)
  - – Captação da água da chuva
- e das possíveis opções técnicas de Elevação e distribuição designadamente

– Bombas manuais
  - – Bombas Solares
  - – Moinhos de Vento
  - – Electrobombas e motobombas
  - – Sistemas de captação de águas pluviais

– Pequenos sistemas canalizados
- Este manual é um guião técnico detalhado e compreensível que permitirá as comunidades e a pessoal técnico implementar com sucesso projectos de abastecimento de água rural de natureza diversa.

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO

Este manual deve ser lido e utilizado em conjunto com os documento seguintes:

- PNA (Política Nacional de Água)
- MIPAR (Manual para Implementação de Projectos de Abastecimento de Água Rural)
- Manual Social para a Implementação de Projectos de Água Rural.

1.2 OBJECTIVOS DO MANUAL

Este manual foi produzido para servir de instrumento de referência e de apoio à implementação de projectos de abastecimento de Água Rural em Moçambique .

O objectivo deste manual não é somente o de providenciar uma informação geral para fins promocionais mas também o de fornecer descrições detalhadas do que deve ser feito para a promoção e implementação dos projectos e também, fornecer ferramentas de trabalho tais como listas de verificação implementação dentre outros.

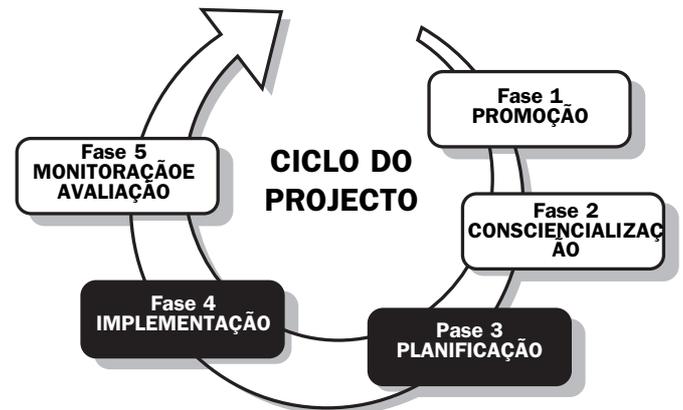
1.3 O CICLO DO PROJECTO

Por definição, o Ciclo do Projecto compreende as cinco fases indicadas no diagrama indicado á seguir. Neste manual somente as fases 3 & 4 serão discutidas em detalhe uma vez que a Fase 1 é tratada em detalhe no Plano Estratégico da Comunicação e as Fases 2 & 5 são discutidas em detalhe no Manual Social.

De ponto de vista técnico, caso se pretenda assegurar uma implementação com sucesso dos respectivos projectos, e a sustentabilidade, a longo prazo, das referidas intervenções a implementação de um projecto deve considerar as duas fases (3 & 4), que são parte do ciclo total do projecto. As duas fases em questão são:

- Planificação
- Implementação – Construção
- Operação e manutenção

1.3.1 Fase de Planificação

Do ponto de vista técnico, a Fase de Planificação deve responder às seguintes questões: (vide Matriz de Planificação)

PERGUNTA 1:
QUAL A NECESSIDADE EM ÁGUA DA COMUNIDADE A SERVIR?

A necessidade em água é expressa através do conhecimento de :
- Número de pessoas á servir
- A capitação individual (litros de água por indivíduo e por dia).
- A necessidade para outras utilizações (uso pelo gado, para actividades agrícolas etc.)
- As necessidades futuras da(s) mesma(s) comunidades.

PERGUNTA 2:
QUAIS AS FONTES DE DISPONÍVEIS PARA RESPONDER A NECESSIDADE ÁGUA EM TERMOS DE QUALIDADE E QUANTIDADE?

Identifique as fontes de água disponíveis e que podem fornecer água em quantidade suficiente e com qualidade aceitável para a(s) comunidade(s) em questão. Faça a escolha entre:

- Poços
- Furos pouco profundos
- Furos profundos
- Água superficial (albufeiras, rios, lagos, lagoas)
- Nascentes
- Água da chuva

PERGUNTA 3:
QUAIS OS MÉTODOS MAIS APROPRIADOS PARA A ELEVAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA DA FONTE ESCOLHIDA OU FONTES DISPONÍVEIS E QUAL DOS MÉTODOS É ECONOMICAMENTE VIÁVEL PARA A(S) COMUNIDADE(S) ?

Identifique as opções possíveis de elevação e distribuição da água que melhor se adequem à fonte de água identificada. Faça a escolha entre:

- Opções de elevação:
- Bombas manuais
- Electrobombas e/ou motobombas
- Bombas solares
- moinhos de vento
- Opções de distribuição (canalizada)
- Distribuição por recalque
- Distribuição por gravidade
- Água da chuva:
- Captação e armazenamento da água da chuva

PERGUNTA 4:
QUAIS AS IMPLICAÇÕES FINANCEIRAS DA OPÇÃO DISPONÍVEL/ESCOLHIDA E ATÉ QUE PONTO A(S) COMUNIDADE(S) PODEM SUPORTAR TAIS CUSTOS?

Determine a(s) combinação(ões) para as quais a(s) comunidade(s) podem suportar os custos e elimine as opções caras. O resultado do processo de planificação descrito anteriormente deve ser:

- Uma escolha informada da fonte de água a ser desenvolvida,
- O conhecimento do(s) dispositivo(s) de elevação a ser(em) empregue(s) e
- Os métodos de armazenamento e distribuição a serem empregues.

O resultado do processo de planificação atrás mencionado, deve ser traduzido num plano ou projecto contendo o seguinte

---

O Plano ou projecto técnico
Que deve fornecer informação detalhada sobre a opção técnica de fonte e de dispositivos de elevação que se pretende desenvolver. Neste plano deve-se incluir informação como:

- Dados populacionais.
- A capacidade do(s) dispositivo(s) de elevação, do(s) sistema(s) de distribuição e respectiva combinação
- O tipo de fonte considerada mais apropriada.
- Desenhos e pormenores relativos ao sistema escolhido.
- Mapas de quantidades para a implementação do sistema.
- Um plano detalhado de O&M, com indicação clara das pessoas responsáveis e periodicidade de execução e as instruções detalhadas de como executar.

O Plano organizacional
Que deve fornecer informação detalhada sobre o pessoal que será envolvido no projecto e suas principais responsabilidades. O Plano deve conter informação como:

- O comité da água.
- Treinamento.
- Voluntários envolvidos no projecto.
- Grupos de Manutenção.
- Comunidade.
- Administrador Distrital.

O Plano financeiro
Que deve fornecer detalhes sobre as fontes de financiamento e o orçamento provisional do projecto. A informação a detalhar deve incluir:

- Os procedimentos para obtenção de fundos .
- O compromisso da comunidade em contribuir para a fonte (em dinheiro, mão-de-obra ou outros meios).
- Os procedimentos desenhados para a recolha da contribuição inicial.
- A contribuição por família, para a cobertura dos custos anuais de O&M
- O custo estimado do projecto.
- A lista dos materiais necessários para o projecto.

Em termos práticos este processo pode ser resumido conforme o diagrama que se segue (Matriz de Implementação):

1 PLANIFICAÇÃO

PERGUNTA 1: QUAIS AS NECESSIDADES EM ÁGUA?

QUAL A POPULAÇÃO A SERVIR?

QUAL A CAPITAÇÃO?

OUTRAS UTILIZAÇÕES, P. EX. ABEBERAMENTO DO GADO, AGRICULTURA, ETC?

QUAL A PREVISÃO DE CRESCIMENTO FUTURO DAS DEMANDAS?

PERGUNTA 2: QUAIS AS FONTES POSSÍVEIS/DISPONÍVEIS

OPÇÃO DE FONTE

↓

POÇO	FURO POUCO PROFUNDO	FURO PROFUNDO	ÁGUA SUPERFICIAL	NASCENTE	ÁGUA DA CHUVA

↓

QUAIS DESTAS FONTES PODEM SATISFAZER A DEMANDA DE ÁGUA EM TERMOS QUANTITATIVOS E QUALITATIVOS?

↓

LISTE AS OPÇÕES DE FONTES QUE PODEM SATISFAZER A DEMANDA

PERGUNTA 3: QUAIS OS MÉTODOS MAIS APROPRIADOS?

OPÇÕES DE ELEVAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO IDENTIFICADOS PARA FONTES DE ÁGUA IDENTIFICADOS

Ponto de Água / Fonte Isolada				**Sistema Canalizado**		**Água da Chuva**
Bomba Manual	Electrobomba	Bomba Solar	Moinho de Vento	Por bombagem	Por gravidade	Armazenamento de Água da Chuva

↓

Liste as opções de Elevação e Distribuição Aplicáveis à Situação em Questão

PERGUNTA 4: QUAIS AS IMPLICAÇÕES FINANCEIRAS DAS OPÇÕES DISPONÍVEIS?

CUSTOS DAS COMBINAÇÕES POSSÍVEIS DA FONTE/DISPOSITIVO DE ELEVAÇÃO / OPÇÕES DE DISTRIBUIÇÃO

FONTES ISOLADAS:					SISTEMAS CANALIZADOS	ÁGUA DA CHUVA
Furo pouco profundo com bomba manual	Furo com bomba manual	Furo com electro-bomba	Furo com bomba solar	Furo com moinho de Vento	Sistema canalizados de distribuição	Captação e aproveitamento da água da chuva
$ Capital $ O&M	$ Capital $ O&M	$ Capital $ O&M	$ 1 000 $ 10	$ 10 000 $ 10	$ Capital $ O&M	$ Capital $ O&M

↓

ACONSELHAMENTO À COMUNIDADE E ESCOLHA PELA COMUNIDADE

PLANO OU PROJECTO TÉCNICO

Dados populacionais
Detalhes sobre a capacidade de produção
Desenhos, detalhes de quantidade e Planos O&M

PLANO OU PROJECTO TÉCNICO

Comité de Água e Funções
Treinamento de Voluntários
Grupos de Manutenção
Acordos assinados entre Comunidade, AD e DA

PLANO OU PROJECTO TÉCNICO

Procedimentos para Obtenção de fundos
Custos de O&M por famíia
E compromiso de recolha da contribuição inicial
Estimativa de custos
Lista de materiais

1.3.2 Fase de Implementação

Após a comunidade ter tomado decisão sobre a fonte de água e sobre a combinação técnica de elevação e distribuição e ter aprovado os Planos Técnico Organizacional e Financeiro submetidos, a combinação de fonte escolhida deve ser implementada.

A Fase de implementação, compreende as seguinte duas sub-fases:

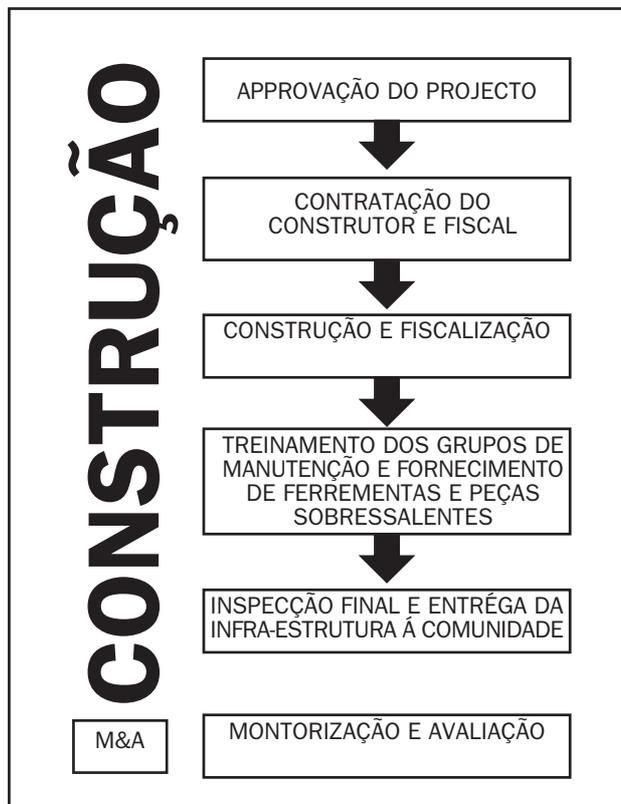
A Fase de Construção

Durante a fase de construção o projecto é implementado conforme o plano feito durante a Fase de planificação. A Fase de construção compreenderá:

- A escolha do empreiteiro e do fiscal.
- A própria actividade de construção e a respectiva Fiscalização.
- O treinamento do(s) grupo(s) de manutenção.
- O fornecimento e entrega de ferramenta e peças sobressalentes.
- A inspecção final e entrega do projecto à comunidade.

A Fase de Operação e Manutenção

Concluída a construção da infra-estrutura, esta deve ser operada e mantida correctamente como forma de assegurar uma vida útil longa e um fornecimento fiável de água (sem interrupções). Esta parte do projecto será da inteira responsabilidade do(s) grupos(s) de manutenção treinados durante a fase de construção da infra-estrutura.

Em termos práticos o processo inerente à Fase de implementação pode ser ilustrado conforme o diagrama que se segue:

2. PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO

2.1 Generalidades

Nos próximos parágrafos discute-se o papel e relevância de dois critérios fundamentais de dimensionamento de projectos de abastecimento de água, conjunto com a caracterização dos principais parâmetros de dimensionamento á eles associado. Ao longo dos parágrafos que se seguem, trataremos especificamente da:

- Demanda ou necessidade de água
- Distância ao(s) ponto(s) de consumo de água

2.2 Demanda de água

O volume de água para o qual o projecto de água deve ser dimensionado. A demanda ou necessidade em água depende do seguinte:

- População presente
- Capitação de água (l/pessoa.dia)
- Horizonte do projecto.
- População futura estimada para o horizonte de projecto de acordo com as taxa de crescimento prevalecentes
- Variações esperadas no consumo de água.

2.2.1 População presente

As principais fontes para a obtenção de dados populacionais são: os censos populacionais (INE ou autoridades locais), campanhas de vacinação, censos eleitorais, dentre outros.

Caso não se disponha de informação precisa para os aglomerados populacionais em análise, a informação populacional para o cálculo da demanda, pode ser obtida do número conhecido de pessoas na comunidade ou alternativamente pela multiplicação do número de casas no aglomerado por um número médio de pessoas por família.

2.2.2 Capitação de água

É um volume de água atribuível a um indivíduo por dia. O valor prático da capitação depende do tipo de acessibilidede a esses pontos de água. No caso de fontes isoladas (furos, poços) o valor comumente usado para dimensionamento é de 20 litros por pessoa por dia.

A capitação de água pode contudo variar, dependendo no tipo e forma de acesso às fontes/pontos de água. A tabela seguinte, dá uma indicação dos valores típicos de consumo de água em função do tipo e nível de serviço do sistema de abastecimento de água correspondente.

FONTE COMUNITÁRIA	**NASCENTES/POÇO POUCO PROFUNDO**			**POÇO PROFUNDO**		
Distância (m)	>1000	250-1000	<250	>1000	250-1000	<250
Capitação (l/p dia)	7	12	207	12	20	
Intervalo (l/p dia)	5 - 10	10 - 15	15 - 25	5 - 10	10 - 15	15 - 25
Profundidade do nível estático	<30m	30 -50m				
FONTE COMUNITÁRIA	**FURO PROFUNDO**			**FURO PROFUNDO**		
Distância (m)	>1000	250-1000	<250	>1000	250-1000	<250
Capitação (l/p dia)	7	12	30	7	12	30
Intervalo (l/p dia)	5 - 10	10 - 15	20 - 50	5 - 10	10 - 15	20 - 50
Profundidade do nível estático	30 - 80m	80 - 120				

Pequeno sistema canalizado/tipo de ligações	**Ligações no quintal**	**Ligação domiciliar**
Capitação (l/p dia)	40	50
Intervalo (l/p dia)	20 - 60	30 - 80
Capitação e aproveitamento de água da chuva	**Individual**	**Comunitária**
Distância (m)	<250	250-1000
Capitação (l/p dia)	11	10
Intervalo (l/p dia)	7 - 15	7 - 15

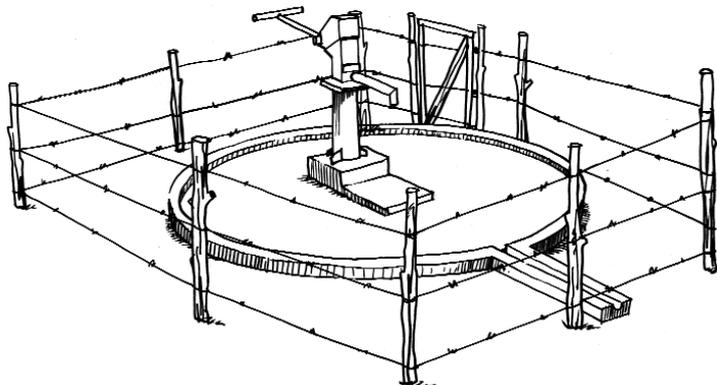
Para além do consumo puramente doméstico, no cálculo da demanda de água deve-se fazer uma provisão para outros consumos tipo, o abeberamento do gado (consumo por animais), irrigação de pequenas machambas etc. Para o caso do consumo por animais, a tabela seguinte dá uma indicação dos consumos típicos de água em função do tipo de animal criado.

Animal	**Capitação (l/animal.dia)**
Cavalo	25
Gado Leiteiro	35
Gado	30
Porco	13
Ovelha	20
Cabrito	20
Aves	0.2

Caso, no aglomerado populacional a servir, existam instituições (públicas tipo escolas, hospitais etc e comerciais), no cálculo da demanda de água deve-se fazer uma provisão para as necessidades de água destas instituições.

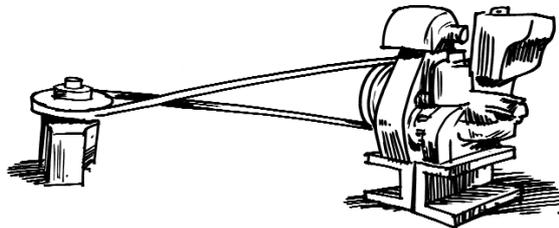
2.2.3 Horizonte de cálculo

O Horizonte de projecto é geralmente o tempo esperado de utilização da infraestrutura durante o qual não há necessidade de se fazerem obras de melhoria ou ampliação da mesma. O horizonte do projecto é geralmente escolhido em função da vida útil da infraestrutura como um todo ou de alguns componentes/equipamentos, que é o tempo de utilização da mesma sem que haja necessidade de obras de

melhoria ou é feita substituição da mesma. Dependendo do tipo de componente/infraestrutura, o seu horizonte de vida é estimado em:

Bombas Manuais

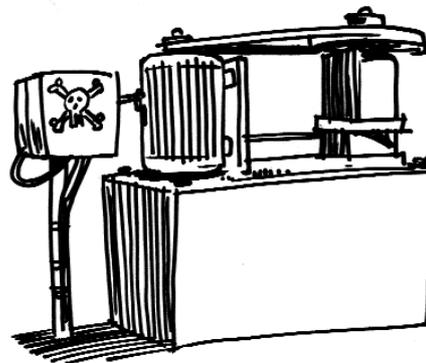
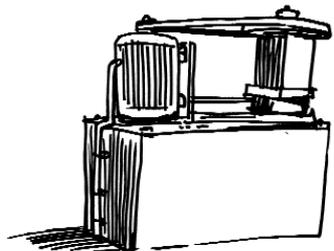
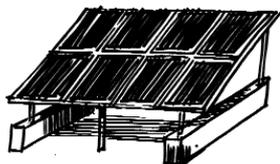
Tempo de vida esperado

Sem manutenção adequada - 2 a 5 anos

Com manutenção adequada - 10 a 15 anos

Bombas alimentadas por painéis solares

Tempo de vida esperado

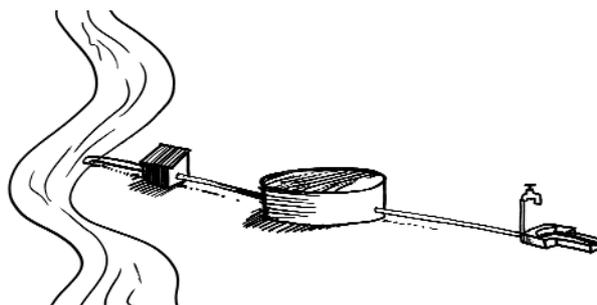
Sem manutenção adequada - 2 a 5 anos

Com manutenção adequada - 15 a 20 anos

Bombas movidas por moinhos de vento

Tempo de vida esperado

Sem manutenção adequada - 2 a 5 anos

Com manutenção adequada - 15 a 20 anos

Motobombas (diesel)

Tempo de vida esperado

Sem manutenção adequada - 2 a 5 anos

Com manutenção adequada - 10 a 15 anos

Electrobombas

Tempo de vida esperado

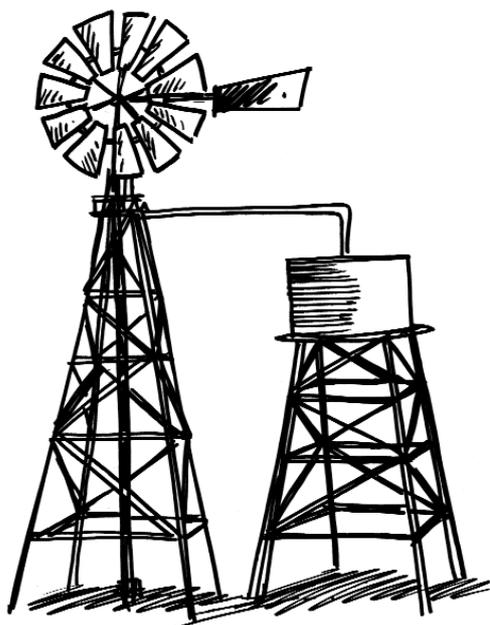
Sem manutenção adequada - 5 anos

Com manutenção adequada - 10 to 20 anos

Pequenos sistemas canalizados de Abastecimento de água

Tempo de vida esperado

Sem manutenção adequada - 2 a 5 anos

Com manutenção adequada - 10 - 15 anos

2.2.4 Previsão de crescimento populacional

Para o cálculo da demanda diária, é preciso conhecer:

- Os dados de população presente
- As taxas de crescimento oficialmente aprovadas para uso em modelos de previsão de crescimento populacional (no caso de Moçambique, aprovadas pelo INE). Para meios rurais a taxa de crescimento oficialmente recomendada pelo INE é de 0 a 2.5%/ano.
- O Horizonte do projecto (em anos).

2.2.5 Previsão para variações na demanda de água

A demanda diária de água conforme calculada anteriormente, representa a demanda média de água para a população servida num período contínuo de 24 horas/dia. Na prat as pessoas tendem a usar mais água em certos períodos do dia (picos diários) e/ou sazonais (picos de verão p.ex:). Significa isto que na prática, o consumo de água procee variar ao longo dos períodos e essas variações têm que ser consideradas quando se faz o dimensionamento dos diferente constituintes do sistema projectado.

Os principais tipos de variação do consumo (picos de consumo ou factores de ponta) de água que devem ser considerados quando se faz o dimensionamento de sistemas de abastecimento de água, são:

Picos sazonais ou factor de ponta sazonal

Representam as variações sazonais do consumo de água i.e. entre o inverno e verão. Em termos práticos o consumo tende a ser mais altos no verão devido ao calor. Tipicamente para uma zona urbana a demanda de água crescerá durante o verão com um factor da ordem dos 1,5. O impacto que esta factor terá no caso do dimensionamento de um sistema rural, dependerá do seguinte:

- Tipo de uso da água ex: doméstica, jardinagem e gado
  – Neste caso, se a água for usada para irrigação e abeberamento do gado e se a existência de fontes alternativas é limitada, a demanda mostrará um crescimento significativo no verão.

- Tipo de distribuição de água (níveis de serviço)

Nos casos em que a água é distribuída através de uma rede canalizada com distribuição domiciliar, o impacto das variações sazonais será maior que nos casos em que a distribuição é através de fontanários ou fontes isoladas (casos em que são usados recipientes para carretar água para casa).

Pico Diário ou factor de ponta diário

A demanda de água calculada anteriormente, é a média durante um período de 24 horas/dia. Contudo os consumidores usam mais água durante as horas vivas do dia daí que alguns picos de consumo ocorrerão durante horas específicas do dia que serão determinadas pelos hábitos rotineiros domésticos.
Se por exemplo os consumidores beneficiam de ligações domiciliares, espera-se que a maior proporção da demanda diária seja verificada na primeiras horas do dia (nas manhãs) e no final da tarde, altura em que a maioria das pessoas se encontra em casa (preparando-se para sair num caso e de regresso à casa noutro). Em termos práticos, caso a infraestrutura não tenha capacidade para satisfazer a demanda de ponta, o consumo de água será limitado à capacidade de fornecimento do sistema o que obviamente trará restrições no consumo e inconvenientes para os utilizadores.
O Regulamento Moçambicano considera que quando não há dados suficientes para avaliação prática dos picos diários de consumo, se recorra à fórmula seguinte para o cálculo do factor de ponta diário:

$$Pf = 2 + 17/(\text{população})^{1/2},$$

onde
Pf é o factor de pico horário.

2.2.6 Folha de cálculo da demanda de água

Em termos práticos, qualquer indivíduo envolvido no cálculo da demanda de água de determinado aglomerado populacional, pode usar uma folha de cálculo semelhante à que se ilustra na figura que se segue. Para o uso desta folha de cálculo, o projectista precisa de ter informação facultada pelo agente técnico, no que diz respeito aos números, crescimento populacional e respectiva(s) taxa(s) de crescimento, para poder fazer correctamente as projecções da demanda de água. A informação a ser facultada pelo agente deve no mínimo, cobrir os aspectos até ao ponto (b) da figura, se possível.

2.3 Distância aos pontos de consumo de água

A distância aos pontos de água é o segundo critério a ser respeitado no dimensionamento de um sistema de abastecimento de água. A nível dos sistemas rurais (e não só), a água deve estar mais acessível dos utilizadores pois só assim se assegura que todos utentes consigam transportar volumes adequados de água para as suas residências. Deste modo, contribui-se para a minimização dos problemas de saúde e higiene associados à carência de água. Em termos práticos:

- A distância aos pontos de consumo do tipo poços e furos, deve ser preferencialmente menor que 500 m.
- Independentemente do tipo de fonte, a distância ao pontos de consumo inseridos em pequenos sistema canalizados de água, deve ser preferencialmente menor que 200m.

Necessidade de Água Rural

Nome da Comunidade: [ ]

Latitude: [ ] Sul

Longitude: [ ] Este

Número de beneficiários do sistema: [ ] a

Taxa estimada de crescimento da população: [ ] b

Horizonte do projecto: [ ] c

Demanda media diária: a [ ] x 1+ (c x b/100) [ ] = Litros Por dia [ ] d

Número de animais a serem servidos (se aplicável):

	Numero		Demanda de projecto		
Cavalo		x		=	
Gado Leiteiro		x		=	
Gado		x		=	
Porcos		x		=	
Carneiro		x		=	
Cabrito		x		=	
Aves		x		=	

Demanda animal total = [ ] e

+

Taxa estimada de crescimento animal: [ ] f

Demanda media diária: e [ ] x 1+ (c x f/100) [ ] = [ ] g

Necessidade total de água rural: = [ ] Litros Por dia

O valor estimado para a necessidade de água rural total deve ser afectado por um coeficiente de pico sazonal e diário conforme discutido no ponto 2.2.5

3. ESCOLHA DA FONTE DE ÁGUA

3.1 Generalidades

A escolha do tipo de fonte mais adequada, e a respectiva combinação com a opção tecnológica de elevação e distribuição, de água deve ser feita após avaliação cuidadosa da situação existente em termos de geologia, geo-hidrologia, hidro-química e informação técnica disponível para a selecção dos meios de elevação e distribuição. A planificação cuidadosa da execução de fonte e da investigação da opção tecnológica mais apropriada para a situação em estudo, são parte integrante do projecto de abastecimento de água que visa fundamentalmente assegurar eficiência e economia no custo e no tempo associados ao projecto executado.

Na execução prática de projectos de água rural, em muitas comunidades as equipas do projecto irão ser confrontadas com experiências históricas de acesso e aproveitamento de fontes naturais de água subterrânea, (tais como nascentes e poços de pouca profundidade) que muito provavelmente irão influenciar a decisão final sobre escolha da fonte. Significa isto que o aproveitamento de recursos hídricos subterrâneos para efeitos de abastecimento de água não deve ser limitado somente à abertura/construção de furos/poços mas também incluir o aproveitamento e protecção das nascentes, a abertura de furos de pequena profundidade (escavação manual) , captação e aproveitamento da água da chuva e a integração de todas estas opções num único sistema de abastecimento de água.

As opções técnicas para o aproveitamento de fontes de água superficial são por natureza, condicionadas pelas condições específicas da região ou local onde se pretende implementá-las daí que neste trabalho as mesmas só serão abordados duma forma geral e, apenas como opção de abastecimento de água secundária à opção subterrânea.

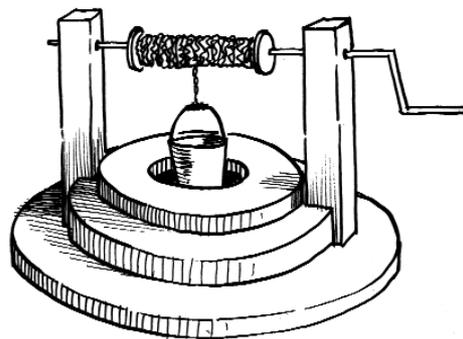
3.2 Disponibilidade de Água em Moçambique

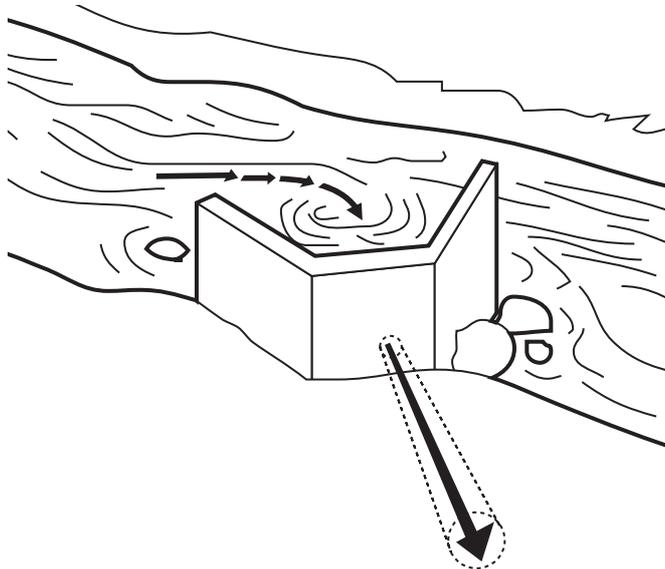
Informação mais detalhada sobre a disponibilidade de fontes de água em Moçambique. Pode ser consultada em Mapas e cartas hidro-geológicas elaboradas para Moçambique cujas referências são indicadas de seguida.

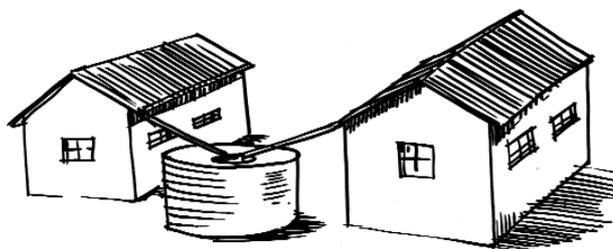
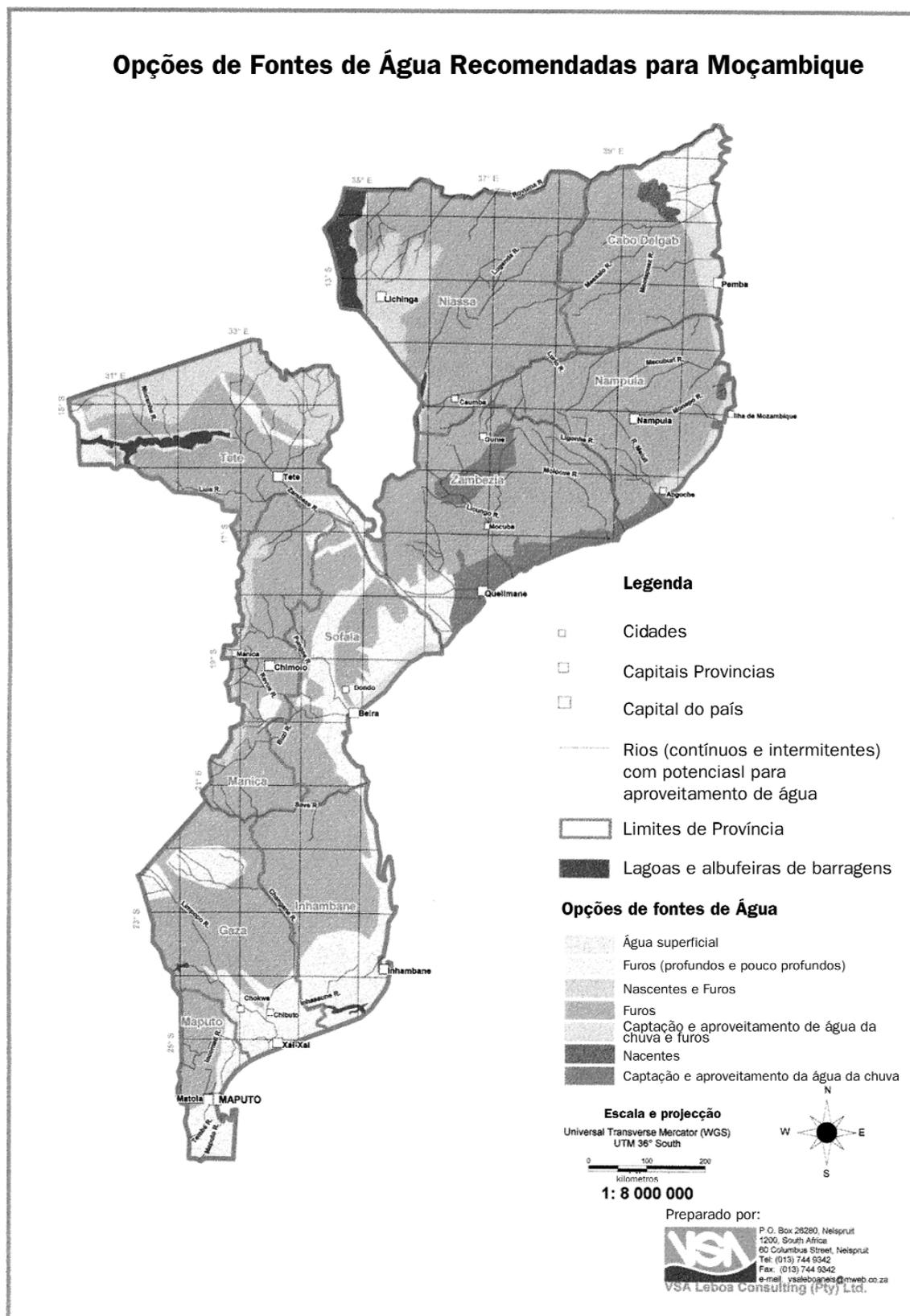
1) Carta das captações mais adaptadas as diferentes ocorrências de água subterrânea a escala 1: 2 000 000.
2) Carta Hidro-geológica a escala 1: 100 000.

De forma geral porém, as alternativas de obtenção de água para abastecimento de água resumem-se a três tipos principais de fontes:

- **Água subterrânea**

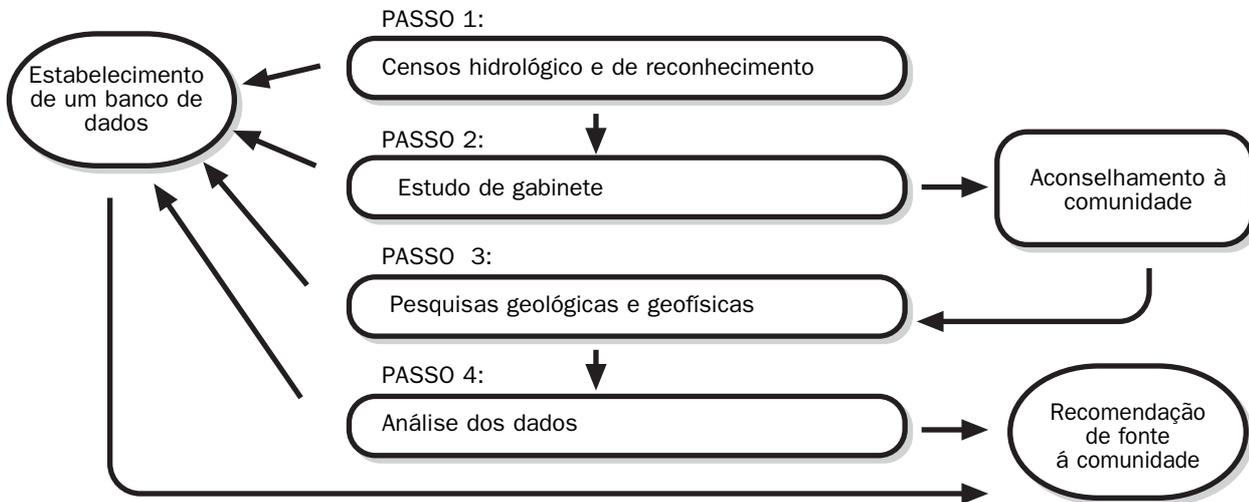
Captação de água através de poços pouco profundos, nascentes, furos pouco profundos e furos profundos.

- **Águas superficiais**

Captação de água em charcos, lagos/lagoas, albufeiras de pequenas e grandes barragens, linhas de água, canais e rios.

- **Água da Chuva**

Captação e armazenamento da água da chuva.

O mapa ilustrado na figura seguinte pode também ser usado como indicação geral da provável existência de uma fonte de água de determinado tipo.

3.3 IDENTIFICAÇÃO DA FONTE DE ÁGUA

3.3.1 Procedimentos Orientados para a escolha da opção tecnológica e localização da fonte

O fluxograma à seguir, mostra de forma resumida os passos à seguir para na planificação e escolha de uma fonte de água.

3.3.1.1 Passos à seguir na planificação e investigação para a escolha da fonte.

Os passos que a seguir se apresentam devem, fundamentalmente ser seguidos por um especialista em fontes de água ou consultor. No entanto, pela sua importância em todo o processo de desenvolvimento de projectos de água, os mesmos são discutidos em detalhe neste manual, como informação geral á ser dominada pelo agente técnico.

Veja também o anexo 1 para mais detalhes sobre o processo.

Passo 1: Censo Hidrológico e de reconhecimento

FINALIDADE E OBJECTIVO

- Identificar as necessidades da comunidade,
- Identificar potenciais fontes de água que podem ser utilizadas,
- Avaliar o estado da infra-estrutura eventualmente existente,
- Identificar as melhores áreas para investigação,
- Caracterização da geologia e a topografia da área do projecto pois ela poderá estar associada à ocorrência de água subterrânea na área,
- Desenvolver uma "ideia preliminar" do potencial existente de fontes subterrâneas na área,
- Avaliar a natureza do terreno no que diz respeito às pesquisas geofísicas e acessibilidade para máquinas pesadas,
- Avaliar a possível influência de infra-estrutura sanitária (focos de poluição) na localização das fontes de água,
- Identificar potenciais fontes de poluição (latrinas, currais, pocilgas, lixeiras e/ou aterros sanitários etc.),
- Obtenção de dados para referência futura.

Passo 2: Estudo de gabinete e recomendações
Finalidade e objectivo

- Tratamento preliminar da informação com vista á obter um entendimento geral de : recursos de água superficiais existentes, precipitação e evaporação, geologia, geologia estrutural, geo-hidrologia e a geo-morfologia da área.
- Identificação das áreas que oferecem as melhores possibilidades de localização das fontes subterrâneas e de abertura com sucesso de poços ou furos.

Passo 3: Pesquisa hidro-geológica (somente para fontes de águas subterrâneas)

FINALIDADE E OBJECTIVO

- Obtenção de um conhecimento mais profundo sobre a, geologia estrutural, geo-hidrologia e a geo-morfologia (em particular os de variação da meteriozação e perfis) de uma área específica de investigação. Todos estes aspectos jogam um papel importante sobre a ocorrência e qualidade das águas subterrâneas de determinada região.
- Identificar um ou mais pontos para perfuração/escavação que ofereçam a melhor possibilidade de abertura/desenvolvimento com sucesso de uma fontes de água subterrânea capaz de satisfazer a demanda estimada com base no uso previsto.

Passo 4 : Análise de dados e fundamentação para a escolha da fonte

FINALIDADE

- Usando métodos ou técnicas puramente científicas, identificar os melhores pontos para a perfuração/escavação e desenvolvimento de furos ou poços

- Determinar a viabilidade da utilização de outro tipo de fontes (P.e: águas superficiais) ao invés da fonte subterrânea,
- Dar recomendações precisas à comunidade, sobre o(s) local(is) para a abertura e desenvolvimento da nova fonte e sobre qual é a opção de fonte mais viável para a área deles.

Estabelecimento de uma base de dados

FINALIDADE E OBJECTIVO

- A existência de uma base de dados completa e actualizada, constitui um instrumento poderoso para a correcta gestão de recursos de águas superficial e subterrânea,
- Quando integrada á um Sistema de Informação Geográfica (GIS) a base de dados torna-se ainda mais poderosa e importante na planificação e gestão de recursos,
- A base de dados servir de depositário obrigatório de toda a informação gerada pelo sector de águas. Os dados nela contidos, podem ser manipulados, procurados, extraídos e divulgados em numerosas formas de apresentação (relatórios, tabelas, gráficos etc.).
- A criação e actualização contínua de bases de dados, constituem uma forma eficaz de minimização de custos e gastos de tempo associados à produção de informação para projectos futuros. O uso da informação contida na base de dados permite essa minimização de custos, por evitar a duplicação de dados e a abertura de furos negativos por falta de informação.
- A base de dados constitui portanto um arquivo onde dados de diversa natureza podem facilmente ser convertidos em informação útil para projecto.

A adequação de determinada fonte de água depende fundamentalmente de três factores designadamente:

- se a mesma tem capacidade suficiente para fornecer o volume (quantidade) de água necessária i.e., satisfazer a demanda de água?
- Se a qualidade da água obtida é aceitável para o fim a que se destina?
- Se o seu uso é economicamente viável para o utilizador?

3.3.1.2 Recomendação e Aprovação da fonte

i) Avaliação da Capacidade das Fontes

Generalidades

A avaliação da quantidade de água abrange a recolha e processamento de dados de disponibilidade de água das diferentes fontes de água escolhidas para análise. Na base dos dados colhidos e processados, o potencial da fonte em questão pode ser comparado com a necessidade de água do(s) aglomerado(s) em questão e, caso satisfaça, a melhor opção tecnológica de exploração, recomendada.

O processo de avaliação pode ser resumido conforme ilustrado na figura seguinte

Importância da avaliação da capacidade de fontes de água.

A realização de ensaios ou testes de capacidade de fontes subterrâneas (ensaios de caudal de furos, poços e nascentes) tem por finalidade:

- Determinar a quantidade de água disponível no(s) aquífero(s) e a previsão temporal de sua utilização sob determinadas condições de exploração.,
- identificar possíveis problemas à enfrentar durante a construção do(s) furo(s),
- Determinar a quantidade de furos/poços necessários para satisfazer a demanda, a distância relativa entre eles a profundidade e o diâmetro dos mesmos ,
- Determinar a melhor bomba e a respectiva profundidade de instalação,
- Determinar o caudal óptimo de exploração ,
- Determinar a produtividade máxima do furo/poço/nascente,
- Identificar potenciais restrições no rendimento do furo/poço e na exploração dos recursos de água subterrânea,
- Prevenir/evitar uma operação não económica do furo/poço ou uso excessivo da fonte, levando à sua sobre-exploração.

A avaliação do potencial de fontes de águas superficiais (água de barragens, rios, riachos e chuva) tem por

finalidade:

- Determinar a viabilidade do uso da fonte,
- determinar a quantidade máxima de água pode ser captada sem comprometer o equilíbrio ecológico na zona (riachos e rios),
- determinar a sustentabilidade à longo prazo, dessa exploração.

A avaliação do potencial da captação e aproveitamento da água da chuva tem por finalidade :

- Determinar quanta água é possível explorar com esta fonte,
- Determinar as dimensões das instalações de captação e armazenamento da água de chuva tendo em vista a racionalização da sua utilização,
- determinar a sustentabilidade à longo prazo desse tipo de exploração.

O trabalho inerente à recolha e processamento do tipo de dados discutido anteriormente, deve ser feito por um especialista em fontes de água ou um consultor. Os dados tipo a serem recolhidos bem como a natureza do respectivo processamento, são discutidos na secção 4 deste manual.

i) Avaliação da Qualidade da água das Fontes

Geral

A qualidade da água de qualquer fonte deve ser analisada antes da sua distribuição para consumo pois só dessa forma se consegue proteger a saúde dos consumidores.

A análise da qualidade da água é feita com o intuito de :

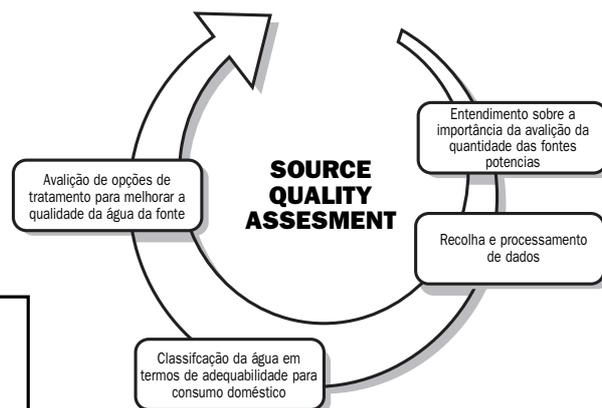
- Determinar a adequação da água para o consumo humano (responder á questão: será a água segura para beber?).

- Determinar o tipo e grau de tratamento necessário para torná-la própria para consumo (apropriada para uso doméstico)

Para avaliar a qualidade da água, esta deve ser analisada e na base desses resultados classificá-la em termos da sua adequação para as respectivas exigências de utilização. Nessa avaliação, o projectista ou avaliador, deve usar as Normas da OMS (Organização Mundial da Saúde) para determinar os parâmetros e níveis de comparação.

A nível doméstico, a água é usada para diversos fins que incluem:

- **NECESSIDADES CORPORAIS** – beber e preparação de alimentos.
- **HIGIENE PESSOAL E CASEIRA** – lavagem de roupa, banho e remoção de detritos
- **PARA REGA** – rega de hortaliças ou de jardins ornamentais.

É importante notar que uma água que seja considerada imprópria para o consumo humano (i.e. beber) pode ainda ser segura para outros usos doméstico tais como a higiene pessoal ou lavagem de roupa.

A avaliação da qualidade da água abrange a recolha e processamento de dados relativos às propriedades microbiológicas, físicas e químicas da água, que determinam o seu estado (bom ou mau) para uso. Usando os resultados dos dados recolhidos e processados, a água pode posteriormente ser classificada em própria ou imprópria para consumo. No último caso pode-se ainda recomendar sobre a melhor opção de tratamento antes de se rejeitar por completo a fonte em questão.

O processo completo de avaliação da qualidade e adequação de determinada fonte de água pode ser resumido como se segue :

Percepção sobre o conceito da qualidade da água

O conceito qualidade de água abrange o conjunto de propriedades microbiológicas, físicas e químicas que determinam a sua adequação para determinado uso.

- **QUALIDADE MICROBIOLÓGICA :**
  refere-se à presença de organismos que não podem ser vistos a olho nu (tais como protozoários, bactérias e vírus) muitos dos quais estão associados à transmissão de doenças infecciosas relacionadas com a água, tais como gastrenterites e a cólera. A presença de Coliformes Fecais e Totais constitui um indicador da probabilidade de contaminação da água com organismos de origem fecal.

- **QUALIDADE FÍSICA:**
  Refere-se às propriedades qualitativas da água que

podem ser determinadas por métodos físicos tais como a Condutividade Eléctrica, o pH e a Turvação . A qualidade física afecta essencialmente a qualidade estética (sabor, odor e aparência) da água.

- **QUALIDADE QUÍMICA:**
  Refere-se a natureza e concentração das substâncias dissolvidas tais como sais, metais e químicos orgânicos. Muitas substâncias químicas na água são essenciais como parte da dieta alimentar, mas quando presentes em altas concentrações a água deixa de ser potável e pode causar doenças.

Poluição da água

Diz-se que uma determinada fonte de água está poluída quando a sua qualidade original deteriorou (alterou) de tal forma que a mesma torna-se menos adequada para uso pelo homem. A poluição da água ocorre geralmente em consequência da actividade humana (industria, agricultura etc.) que, regra geral, produz resíduos (águas residuais e outro tipo de resíduos) que são frequentemente lançados em linhas de água. Estes resíduos são geralmente nocivos não só ao Homem como também à outros formas de vida existentes na Terra. As principais actividades humanas causadores de resíduos poluidores das fontes de água, são:

- Irrigação de grande escala (P.e: açucareiro de Mafambisse).
- Actividade mineira (P.e: exploração mineira em Penhalonga-Manica)
- Actividade Industrial nas cidades,
- Urbanização principalmente quando as condições de saneamento são fracas.

O que é uso doméstico da água?

A nível doméstico, as utilizações da água são de vária ordem e, incluem entre outras, as seguintes:

- **NECESSIDADE BIOLÓGICA DO HOMEM** – beber, cozinhar
- **HIGIENE PESSOAL E CASEIRA** – banho, lavagem de roupa, descarga de excreta etc.
- **IRRIGAÇÃO** – rega de pequenas machambas, rega de jardins etc.
- Abeberamento de gado/animais de pequeno porte

A água fornecida por um sistemas de abastecimento pode ser usada de várias formas cada uma exigindo padrões de qualidade diferente. Se por exemplo uma determinada fonte é imprópria para consumo humano, a mesma pode ser usada para outros fins tais como higiene pessoal, lavagem de roupa, irrigação de pequenas machambas etc.

Como é que a qualidade da água afecta o uso doméstico?

A qualidade da água de determinada fonte, afecta o uso doméstico da água nos seguinte moldes:

- Saúde (infecção por doenças relacionadas com a água)
- Estética (aparência estética da água ou o efeito da mesma sobre a aparência da roupa lavada com a mesma, parelhos sanitários etc.)
- Economia (custos elevados de manutenção devido à necessidade de reposição frequente de tubagem, acessórios e aparelhagem tipo chaleiras e termo-acumuladores, devido à deposição de resíduos).

Os efeitos na saúde do Homem (Saúde Pública) podem ser de dois tipos a saber:

- **Efeitos Imediatos:** efeitos visíveis a curto prazo, na maioria dos casos de efeito imediato.
- **Efeitos crónicos:** Geralmente visíveis após passar muito tempo depois do uso da água contaminada.

Do ponto de vista des sistemas de abastecimento de água, a qualidade da água de uso doméstico deve ser segura para consumo humano, preparação de alimentos, e protecção da saúde pública no geral. Por essa razão, são definidas Normas ou Padrões Internacionais de qualidade da água que devem ser respeitados por todos sistemas públicos de abastecimento doméstico de água. Exemplos dessas Normas são: O padrão da Organização Mundial da Saúde-OMS para a qualidade da água e o padrão da Comunidade Económica Europeia-CEE.

A Norma Moçambicana de qualidade da água para consumo Humano, é baseada na Norma da OMS sobre a qual foram feitas algumas alterações para ajustá-la à realidade Moçambicana.

Recolha e processamento de dados

Vide anexo 2 para mais detalhe sobre a recolha e processamento de dados de qualidade da água.

Na aprovação final do tipo de fonte a usar, a comunidade deve ser considerada como o único participante mais importante no processo. O sucesso de todas outras actividades relacionadas com o projecto dependem da clareza e segurança mostrados pela comunidade naquilo que se pretende com o projecto. Aspectos, que devem ser suficientemente claros, são:

- A natureza não política do trabalho
- Escolha da fonte de água com base em critérios puramente científicos.

Como último aspecto deve dissipar qualquer noção de que a selecção de uma fonte de água favorece a um ou outro indivíduo ou grupo de indivíduos dentro da comunidade. A comunidade deve ser auxiliada a tomar somente uma decisão consciente, tendo em conta a qualidade e a quantidade de água da fonte recomendada e as opções viáveis de fornecimento de água para tudo isto feito com base nos dados científicos e exigências por si estabelecidas e identificadas.

4. CONSTRUÇÃO E EXPLORAÇÃO DE FONTES DE ÁGUA

De um modo geral, as fontes de água para abastecimento doméstico, classificam-se em três grandes categorias designadamente: fontes superficiais, fontes subterrâneas e o aproveitamento da água da chuva. As formas de exploração de cada uma destas fontes são, designadamente:

Água Subterrânea
- Poços escavados manualmente
- Furos Manuais l
- Furos profundos
- Nascentes

Água superficial
- Barragens/diques/represas
- Rios

Água superficial
- Captação e armazenamento da água da chuva

Água da Chuva
- Captação e armazenamento da água da chuva

Nos próximos parágrafos desta secção do presente Manual, discute-se em detalhe as várias opções tecnológicas de exploração e aproveitamento das fontes de água mencionadas anteriormente. No quadro a seguir faz-se uma comparação dos diferentes métodos de exploração das fontes, conforme listado anteriormente.

Tabela 4.1 Comparação entre opções tecnológicas de exploração de fontes de água

TIPO DE FONTE	Poço escavado manualmente	Furo Manual	Furo Mecânico (furo profundo)	Captação da água da chuva	Lagoas, lagos, albufeiras de pequenas barragens	Rios e riachos	Nascentes e pontoss seeps
DURAÇÃO MEDIA DE CONSTRUÇÃO (VALOR INDICATIVO)	30 dias	4 to 12 dias	7 dias	20 dias	depende do método	depende do método	depende do método
CUSTO	Moderado	Baixo a elevado dependendo do método usado	Elevado devido ao equipamento usado e habilidades necessárias	Moderado para captação na cobertura e elevado para a captação no terreno	Moderado a elevado devido à necessidade de bombagem e tratamento da água	Moderado a elevado devido à necessidade de bombagem e tratamento	Moderadamente baixo. Se associados à sistem as canalizados de distribuição o custo pode ser elevado
QUALIDADE DA ÁGUA	Moderada a boa	Moderada a boa	Moderada a muito boa	Moderada a má. Desinfecção é imprescindível	Moderada à boa em lagoas grandes, e lagos. Má à moderada no caso de pequenas linhas de água. Tratamento é geralmente necessário.	Boa para rios e riachos montanhosos. Pobre em rios e riachos localizados em baixas. Tratamento é geralmente obrigatório.	Boa qualidade. Recomenda-se a desinfecção após a construção da fonte.
QUANTIDADE	Moderada a boa. Sofre variações sazonais	Moderada a boa	Moderada a boa	Moderada a boa	Geralmente elevada baixando ligeiramente durante a estação seca	Moderada a boa. Variações sazonais são significativas. Algumas linhas de água secam completamente durante a estação seca.	Boa e com pequenas variações no caso de nascentes artesianas. Variável em função da estação do ano para o caso de nascentes freáticas.
NÍVEL DE CONFIANÇA	Moderado. Sujeita à variações do lençol freático	Elevado se a sua exploração for antecedida de ensaios de bombagem e os caudais de exploração recomendados forem respeitados	Elevado se a sua exploração for antecedida de ensaios de bombagem e os caudais de exploração recomendados forem respeitados	Elevado apenas em zonas com níveis de precipitação Ao elevada. Exige alguma manutenção para manter a fiabilidade das fontes.	Moderado a bom. Exige um programa de manutenção cuidada dos sistemas de bombagem e tratamento.	Dependente dos níveis de manutenção providenciada à fonte, sistemas de bombagem e de tratamento. Exigências de manutenção elevadas para os sistemas de bombagem. Fiabilidade pode ser aumentada por recurso à poços filtrantes na margem do	

4.1 POÇOS MANUAIS

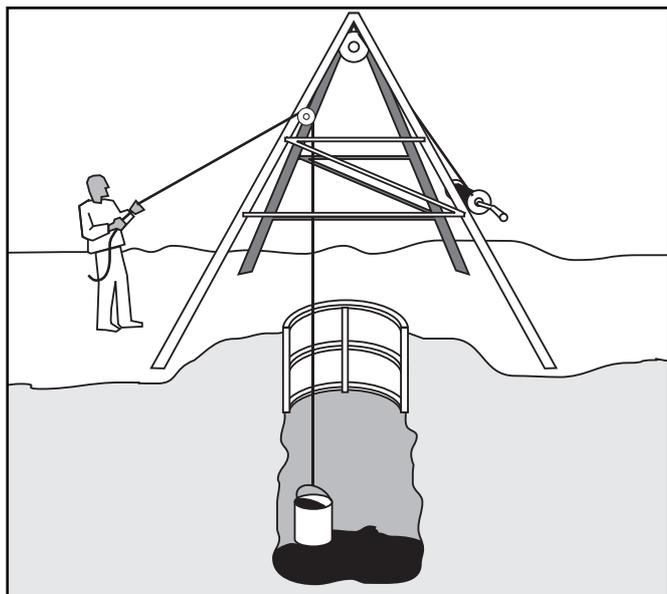



Figura 4.1: Exemplo de construção de um poço escavado manualmente I

4.1.1 Considerações de Concepção e dimensionamento

i) Generalidades
A localização de poços, depende fundamentalmente de dois factores: a existência de água no local onde se pretende instalar e as exigências da(s) comunidade(s) relativas à localização dos pontos de água.

ii) Vantagens e Desvantagens

VANTAGENS	DESVANTAGENS
• Materiais para a sua execução facilmente alocáveis	• A sua construção é trabalhosa e demorada quando comparada com as demais técnicas de construção de fontes(pode durar várias semanas).
• Faz-se uso de técnicas comuns de construção daí não se exigir pessoal qualificado para a sua execução	• Limitados à uma profundidade de <10m devido à questões de segurança
• À excepção de zonas rochosas e where large boulders are presente, podem ser construídos em qualquer tipo de solos.	• Fiabilidade facilmente influenciada por variações do nível freático.
• Dependendo do diâmetros usado na construção, desempenham também a função de reserva.	• Solução inadequada para zonas rochosas e onde existam large boulders.
• Dependendo do diâmetro, podem acomodar diferentes tipos de instalações de elevação.	• Custo de construção moderado quando comparado com a produção
• Podem ser construídos com base em mão de obra comunitária	• Facilmente contamináveis por águas superficiais de vários tipos inclusive por caudais pluviais. Deve-se tomar sempre medidas protectivas contra a infiltração de águas superficiais.
	• Risco elevado de contaminação por latrinas, o que depende do tipo de solos, e da distância entre poços e latrinas.

iii) Adequabilidade de poços em função da zona de construção (ver mapa para mais pormenores)

O recurso à Poços Manuais para abastecimento de água, só é tecnicamente viável nas seguinte condições:
- Em aquíferos primários com lençol freático à menos de 10m de profundidade,
- Em aquíferos primários onde não existam o large boulders

O recurso à Poços Manuais para abastecimento de água, não é tecnicamente viável nas seguinte condições::
- Em zonas rochosas ou com o nível freático bastante profundo,
- Em aquíferos primários com o lençol de água bastante profundo ,
- Em aquíferos primários com lençol freático próximo mas onde existam large boulders presente.

4.1.2 Procedimentos construtivos

i) Considerações de segurança durante a construção

IMPORTANTE

AS INSTRUÇÕES DE SEGURANÇA INDICADAS À SEGUIR, DEVEM SER FORMALMENTE ANUNCIADAS À TODAS AS PESSOAS ENVOLVIDAS NA CONSTRUÇÃO DA FONTE, DEVENDO TAMBÉM FAZER PARTE DAS SESSÕES DE SENSIBILIZAÇÃO E TREINAMENTO CONDUZIDAS ANTES DO INÍCIO DA CONSTRUÇÃO..

- O RISCO DE DESABAMENTO DO POÇO DURANTE A CONSTRUÇÃO, É UMA AMEAÇA SÉRIA À VIDAS DAS PESSOAS ENVOLVIDAS NA ESCAVAÇÃO. ASSIM, TODO O PROCESSO DE ESCAVAÇÃO PARA ABERTURA DE POÇOS DEVE SER ACOMPANHADA DA ENTIVAÇÃO DAS PAREDES DO POÇO POR FORMA A MINIMIZAR ESTE RISCO..
- DEVE-SE EVITAR O USO DE MÁQUINAS DE COMBUSTÃO INTERNA (DIESEL OU GASOLINA) DENTRO DO POÇO POIS OS GASES DA COMBUSTÃO (FUMOS) PODEM CAUSAR A MORTE POR ASFIXIA, DAS PESSOAS TRABALHANDO DENTRO DO POÇO.
- DEVE-SE TER ATENÇÃO ESPECIAL AO RISCO DE ELECTROCUSSÃO DEVIDO AO USO DE MATERIAL ELÉCTRICO EM CONDIÇÕES HÚMIDAS. CABOS E OUTRO TIPO DE CONDUTORES ELÉCTRICOS EXPOSTOS À SUPERFÍCIE PODEM FACILMENTE SER DANIFICADOS (POR EXEMPLE PELA PASSAGEM DE MÁQUINAS) AUMENTANDO DESSE MODO O RISCO DE ELECTROCUSSÃO DOS TRABALHADORES.
- DEVE-SE VERIFICAR DIARIAMENTE, O ESTADO DE TODO O EQUIPAMENTO USADA NA ELEVAÇÃO (P.EX: TRIPÉ, GUINCHO ETC.), DE MATERIAIS E OUTROS EQUIPAMENTOS PARA ASSEGURAR QUE O SEU USO NÃO CONSTITUI PERIGO PARA OS TRABALHADORES (PRINCIPALMENTE OS QUE TRABALHAM DENTRO DO POÇO).
- CORREIAS, GANCHOS E CORRENTES DE TODO EQUIPAMENTO, DEVEM SER SUBSTITUÍDOS LOGO QUE SE NOTAR OS PRIMEIROS SINAIS DE DESGASTE MESMO QUE OS REFERIDOS SINAIS SEJAM LOCALIZADOS.
- DEVE-SE TER CUIDADO AO SE MANUSEAR FERRAMENTAS E EQUIPAMENTOS DE PEQUENA DIMENSÃO (CHAVES, MARTELOS, PÁS ETC.) POIS ESTES PODEM FACILMENTE CAIR PARA DENTRO DOS POÇOS FERINDO AS PESSOAS QUE LÁ ESTIVEREM A TRABALHAR.
- TODAS AS PESSOAS TRABALHANDO OU CIRCULANDO NA ZONA DE CONSTRUÇÃO DO(S) POÇO(S), DEVEM ESTAR DEVIDAMENTE EQUIPADOS COM FARDAMENTO, CAPACETE E BOTAS. DEVE-SE TAMBÉM COLOCAR AVISOS EM PONTOS VISÍVEIS DO LOCAL DA OBRA INDICANDO A OBRIGATORIEDADE DE USAR ESTES FARDAMENTOS NO LOCAL DA OBRA.
- DEVE-SE EVITAR A CIRCULAÇÃO, NO LOCAL DA OBRA, DE PESSOAS NÃO ENVOLVIDAS NA CONSTRUÇÃO OU MESMO DE ANIMAIS.
- PARA POÇOS COM MAIS DE 20 M DE PROFUNDIDADE, É OBRIGATÓRIA A INSTALAÇÃO DE DISPOSITIVOS/EQUIPAMENTOS DE VENTILAÇÃO PARA EVITAR A MORTE POR SUFOCAÇÃO DOS TRABALHADORES ENVOLVIDOS NA ESCAVAÇÃO E/OU LIMPEZA

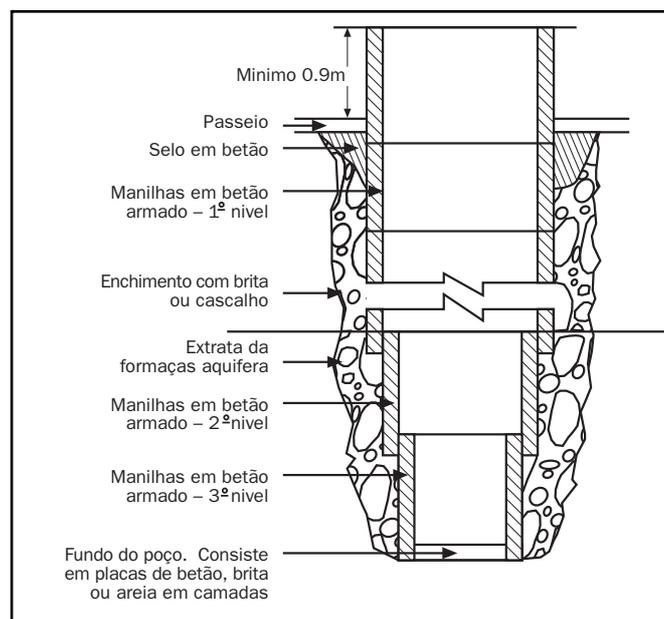



Figura 4.2(a) Perfil (em profundidade) de um poço manual já concluído

Duração média	Ferramentas e Materiais	Habilidades necessárias
Depende das condições locais, disponibilidade de materiais e ferramentas e habilidade do pessoal envolvido na escavação	Pás e carrinhos	Escavação e alinhamento de poços
	Balde e corda	Preparação e colocação e cura de betão, operação e manuseamento de um tripé equipado de roldana
	Cofragem	
Como regra, 30 dias são suficientes conduzir o trabalho de localização do poço, preparar o local para a construção, e construir o próprio poço	Tripé e roldana para baixar as manilhas para dentro do poço	Operação de bombas
	Bomba para baixar lençol freático (bomba submersível) Marreta	Conhecimento de regras de segurança no trabalho
Se os solos no local da escavação forem duros, o tempo necessário para a escavação do poço será maior	Escada	
	Cimento e inertes (areia e pedra)	
	Fardamento (botas, e capacetes) Ferro para armadura	

ii) Exigências Construtivas

iii) Procedimentos orientados para a construção de poços

PASSO1: Trabalhos preliminares

Determine a profundidade do nível freático na zona onde se pretende escavar o poço,
Elabore ou obtenha do agente técnico os desenhos e especificações finais relativos ao poço que se pretende escavar
Obtenha/organize as ferramentas necessárias para construção
Obtenha/organize os materiais necessários

PASSO 2: Preparação do local

Limpe a área onde se pretende escavar o poço, escavando o suficiente para retirar a camada de solo vegetal.

Monte o tripé e o respectiva equipamento de elevação (guincho)

PASSO 3: Preparação das manilhas

A construção das manilhas do poço é uma tarefa delicada e de extrema importância pois determina a segurança dos trabalhadores envolvidos na escavação do poço. A construção das manilhas deve basear-se nos desenhos e especificações preparadas para o efeito, pelo consultor técnico. Tais desenhos e especificações devem conter no mínimo, informação detalhada sobre:

- Os traços para o betão e argamassa
- O tipo e quantidade de armadura
- As Dimensões das manilhas O tipo e dimensões da cofragem necessária
- Instruções relativas à cura do betão após enchimento.

Figura 4.2(b)

A preparação ou construção das manilhas deve ser supervisada pelo consultor técnico pois dela depende a segurança dos trabalhadores envolvidos na escavação do poço.

PASSO 4: Escavação do poço

- Posicione uma das manilha (manilha com ponteiras) no local onde vai estar localizado o poço e, comece a escavar..
- Uma vez iniciada a escavação, a manilha irá descer pelo peso próprio, a medida que a profundidade de escavação vai aumentado. Quando a parte superior da manilha está ao mesmo nível do terreno, colocar a segunda manilha por cima da primeira e continuar o processo de escavação.
- Logo que o poço se tornar mais profundo que a altura de um homem, use um balde e uma corda para retirar o material escavado de dentro do poço.
- Continue a escavação até atingir o lençol de água.
- Uma vez atingido o lençol de água, coloque a manilha de fundo porosa

PASSO 5: Finalização do poço

- Encha com brita ou sarrisca, o espaço entre as manilhas e as paredes da escavação.
- Betone a tampa (protecção sanitaria) do poço

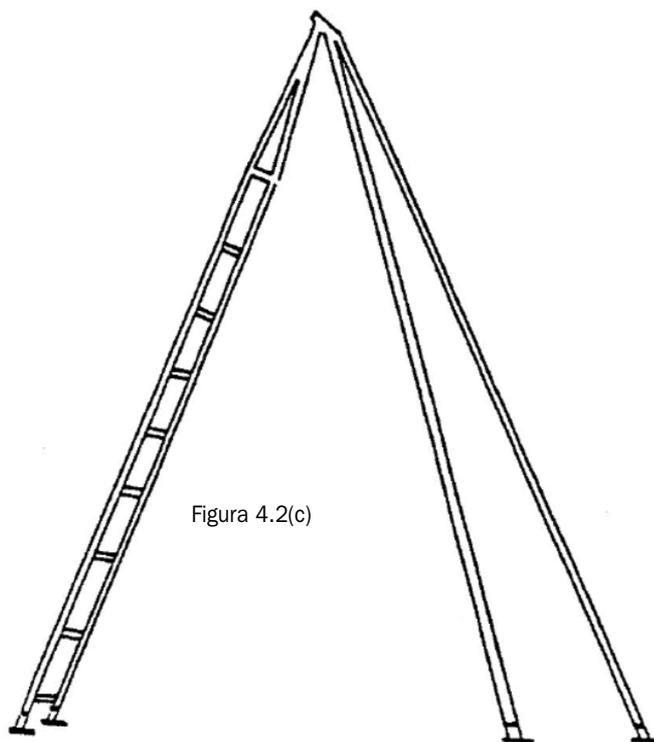



Figura 4.2(c)

Figura 4.2(d)

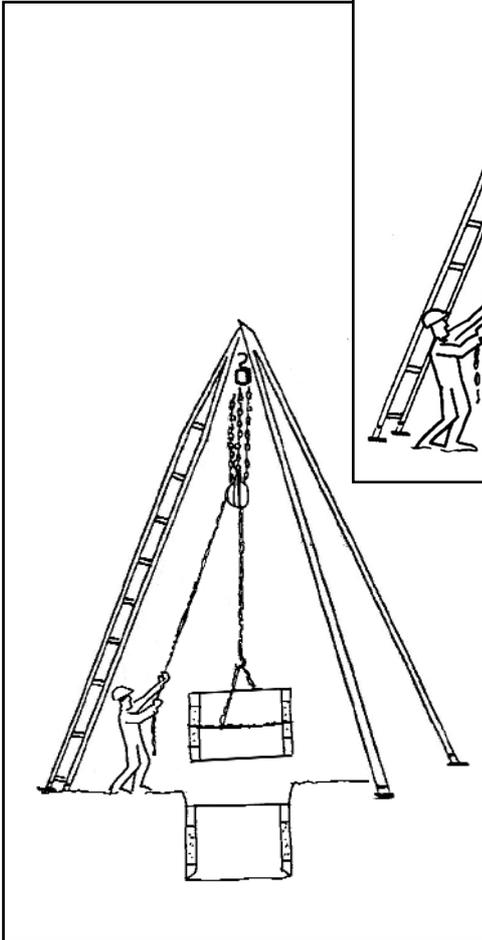
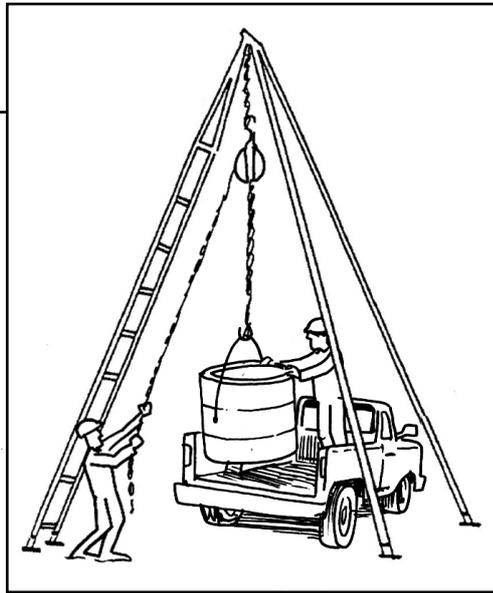



Figura 4.2(e)

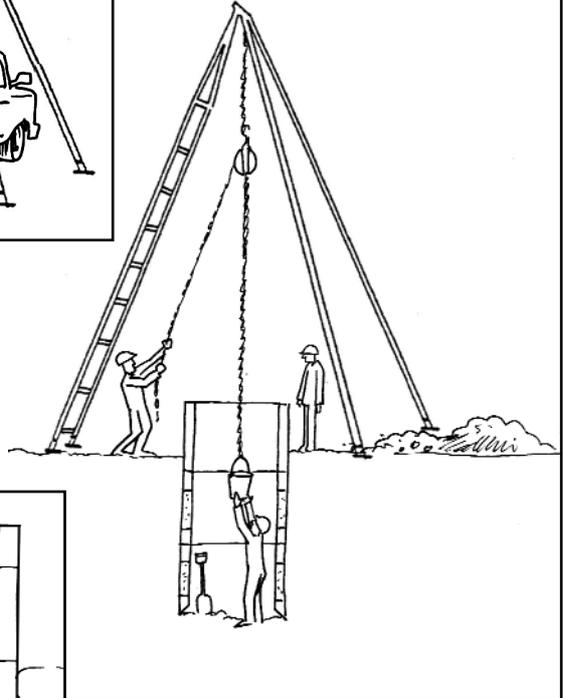



Figura 4.2(f)

Figura 4.2(g)

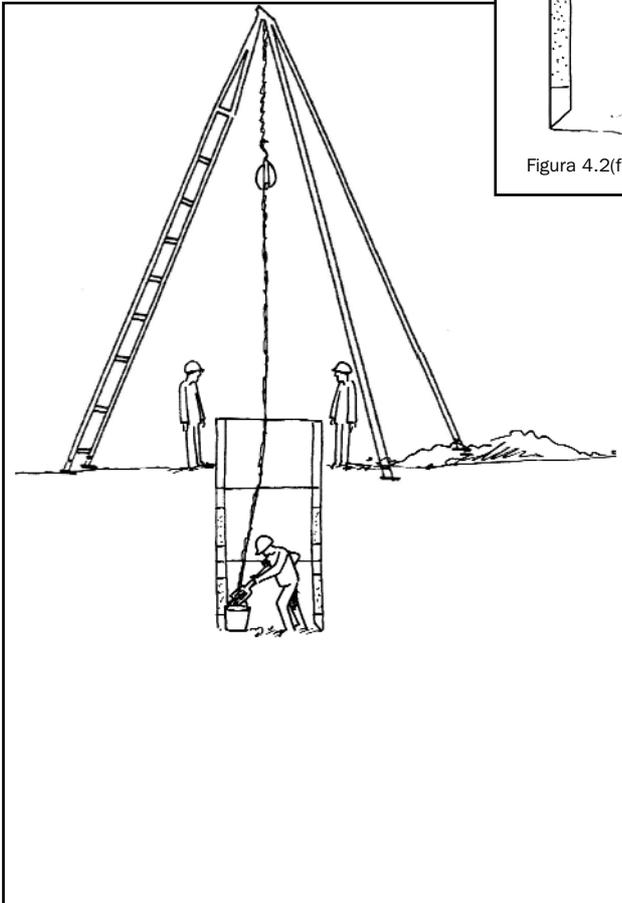
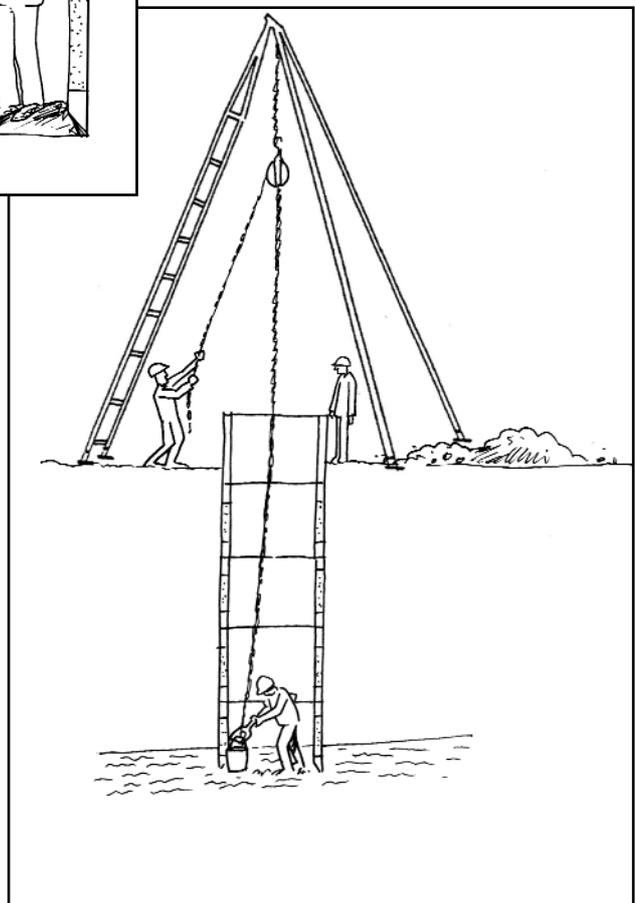



Figura 4.2(h)

Figura 4.2(i)

A conclusão do poço e a construção do passeio e instalação do equipamento de elevação da água não é simultânea. Durante o período entre estas duas acções (que pode ser de alguns dias) é importante que o poço seja fechado

Passo 6: Construção do passeio e instalação da bomba manual

Depois de concluída a escavação do poço, é imperioso que se construa o passeio e se instale a bomba Manual. Os procedimentos e orientações relativas à essa actividade são descritos no capítulo 5 deste manual.

Passo 7: Aumento da profundidade do poço

A profundidade alcançada na escavação de um poço é limitada pelo alcance da profundidade máxima abaixo do nível freático i.e. a profundidade a partir da qual já não é possível compensar a afluência da água por baldeamento ou bombagem. Durante o uso do poço porém pode-se dar o caso de o poço secar (principalmente na estação seca) devido ao rebaixamento do lençol freático. Nessas condições é imperioso que se aumente a profundidade do poço o que se faz seguindo os mesmos procedimentos descritos anteriormente e colocando uma nova manilha porosa (vide figura 4.2(a)).

Figure 4.2(j)

Figure 4.2(k)

4.1.3 Operação e Manutenção

i) Operação

Não existem procedimentos especiais para a operação de poços.

ii) Manutenção

Inspecções semanais

- Deve-se inspeccionar o poço e áreas circundantes para se assegurar que o mesmo não constitui perigo para pessoas e animais. A inspecção deve se concentrar na vedação e tampa do poço pois estes devem estar sempre em boas condições para garantir a segurança necessária no poço.
- Deve-se inspeccionar a existência de fissuras e rachas no passeio à volta do poço. A existência de fissuras pode favorecer a infiltração de aguas perdidas. Se detectadas, deve-se fazer a sua reparação imediata usando os seguinte procedimentos
- Alargar a(s) fissura(s) usando martelo e escopro até atingir cerca de 20mm de largura e 20 mm de profundidade.
- Limpar a zona da fissura alargada. Remover todos os restos de argamassa. Molhar ou humedecer bem a zona da fissura
- Rematar amassando bem, com uma nova argamassa de cimento e areia preparada ao traço (1:3)
- Espalhar uma camada de área por cima da zona rematada. Regar com água durante pelo menos dois dias.
- Se o nível de água no poço baixa consideravelmente ou se o poço fica assoreado, deve-se aumentar a profundidade do mesmo usando os mesmos procedimentos definidos no passo 7.
- Limpar a zona à volta do poço e passeio. Notificar ao comité de água qualquer sinal de existência de focos de contaminação perto do poço.

4.1.4 Estimativa de custos

Os valores indicados na tabela a seguir são referentes apenas à fonte de água. O custo relativos ao passeio são discutidos em detalhe no parágrafo 5 e os correspondentes aos equipamentos de elevação da água são discutidos no parágrafo 6.

Custo	Valor – US$
Custo Capital (US $)	$200
Custos de Operação (US$/ano)	Nenhum
Custos de Manutenção (US$/ano)	$0 – se a gestão é atribuída à um comité de água.

(Os valores da tabela são baseados nos preços praticados em 2003 daí os mesmos terem que ser ajustados para períodos posteriores à 2003.)

4.1.5 Listas de Verificação da Implementação

Vide Anexo 4.

4.2 POÇOS ESCAVADOS MANUALMENTE (Poços em AQUÍFEROS PRIMÁRIOS com 10-75 m de profundidade)

4.2.1 Planificação e considerações de Cálculo

A abertura manual de furos, é uma opção tecnológica apropriada para fontes de água subterrânea localizadas em aquíferos com profundidades menores que 75 m.

Não obstante a multiplicidade de técnicas de perfuração usadas para a abertura das fontes, as considerações de dimensionamento são essencialmente as mesmas que as dos furos profundos – Referência a secção 4.3 deste manual.

i) Tipologia de poços (em função do método de construção)

- Percursão – máxima profundidade praticável até 8m.
- Furos a Jacto – máxima profundidade praticável até 60m.
- Furos escavados - máxima profundidade praticável até15m.
- A cabo e martelo - máxima profundidade praticável até 75m.

Tabela 4.2: Comparação entre poços escavados manualmente

FACTOR	TIPO DE POÇO			
	Percursão	**Injecção**	**Escavado**	**Martelo e cabo**
Custo	Baixo	Baixo a moderado	Moderado a alto	Alto
Exigência de habilidades e/ou técnicas especiais de Construção	Não	Sim	Não	Sim
Necessidade de equipamento sofisticado	Não	Sim	Não	Sim
Oferece capacidade de armazenamento	Não	Não	Não	Não
Variabilidade e/ou complexidade dos dispositivos captação da água	pouca	pouca	pouca	pouca
Sensibilidade às flutuações do nível freático	Não	Não	Não	Não
Tipo de solos Inapropriados para a sua construção	Rocha dura, argila pesada, pedregulhos, cascalho ordinário	Rocha dura, pedregulhos	Rocha dura, pedregulhos maiores que o trado	Nenhum
Tempo médio necessário para a construção	4 dias	4 dias	8 dias	12 dias
Método de aprofundamento do poço	Ponto do poço e tubo metálico encalhado no solo	Jactos de água e rotação da ponta da broca forçará o tubo sobre o solo	A broca do trado é posta em rotação e enche-se com solo, levantada e retirada do buraco para vazamento	A ponta da broca é levantada e deixada cair para quebrar o solo e rocha, misturado com água e levantado para fora com limpadeira ou tubo de sucção
Diâmetro médio	30-50mm	40mm	50-200mm	50-100mm
Máxima profundidade praticável	8m	60m	15m	75m
Ferramentas principais e equipamento	Marreta, tubo e penetração, ou peso de penetração, platafor a para erguer	Tubo perfurador, plataforma erguida ou tripé, bomba e mangueira, brocas de injecção	Brocas, hastes, plataforma para levantar	Veículo motorizado, tripé, roldana de retorno, corda, broca pesada de perfuração, bomba de sucção, vazador
Material de revestimento	PVC ou aço	PVC ou aço	PVC ou aço	PVC ou aço
Tipo de filtro	Fonte aberta a propósito	Filtro	Filtro ou tubo perfurado	Filtro
Necessidade de água trazida de outras fontes para a sua construção	Não	Sim	Não	Sim

Nota: A construção de furos com pequenos diâmetros não é uma prática comum quando se pretende usar os referidos furos para abastecimento directo às populações. Em termos práticos, o diâmetro do equipamento de bombagem dita geralmente o diâmetro mínimo dos furos para abastecimento de água. Estes dois aspectos devem ser convenientemente ajustados durante o projecto.

ii) Zonas recomendadas/não recomendadas (vide mapa para mais detalhes)

- Regra geral o recurso à técnicas de escavação manual de poços só é viável nos seguintes casos:
- Aquíferos primários com nível freático menor que 60m,
- Aquíferos primários onde não há presença de grandes calhaus, ou camadas espessas de argila.
- Poços escavados manualmente , não podem ser considerados como opção de abastecimento de água às populações, nos seguinte casos:
- Terrenos de rocha dura e/ou com níveis freáticos bastante profundos,
- Áreas com depósitos espessos de argila,
- Aquíferos primários em que ocorrem grandes calhaus.

Nota
Durante a fase de planificação , é necessário avaliar o risco de contaminação das fontes por latrinas localizadas nas proximidades dos pontos onde se pretende abrir os poços. A localização dos poços deve ser tal que minimize o risco de ocorrência deste tipo de contaminação. Refira-se que para além da proximidade entre latrinas e fontes de água, o risco de contaminação depende da posição do nível freático (e respectivas variações) o tipo de solos e, finalmente a posição e densidade relativa de latrinas.

4.2.2 Construção

i) Precauções de Segurança

IMPORTANTE
As seguintes considerações de segurança deverão ser comunicadas formalmente a todas as pessoas envolvidas no processo de construção. As mesmas deverão fazer parte dos programas desenhados de sensibilização e treinamento dos membros da comunidade que estarão envolvidos na construção das fontes.

- Deve-se facultar à todas as pessoas envolvidas na construção, vestuário protector, capacete e calçado, que devem ser usados durante todo o período de execução da obra.
- Toda as pessoas envolvidas no processo da construção devem ser treinadas na operação do equipamento e devem ser informadas sobre todos os perigos associados com a sua utilização.
- Deve-se tomar cuidado para que seja restringido o acesso ao local da obra a pessoas alheias e à animais pois podem correr o risco de contrair ferimetnos.
- Deve-se verificar diariamente, o estado de todo equipamento, cabos, catapulta etc para detectar possíveis situações de desgaste excessivo dos mesmos. Caso tal se verifique estas peças ou equipamentos devem ser imediatamente substituídos.

ii) Tempo médio necessário para a construção

- Depende das condições do local, profundidade do poço, técnica a ser usada e disponibilidade dos materiais e meios.
- Regra geral, são necessários 4-12 dias (dependendo da técnica usada) para localizar e preparar o local de abertura do poço e, conduzir a respectiva escavação e construção de um poço manualmente escavado.

iii) técnicas comuns de construção:

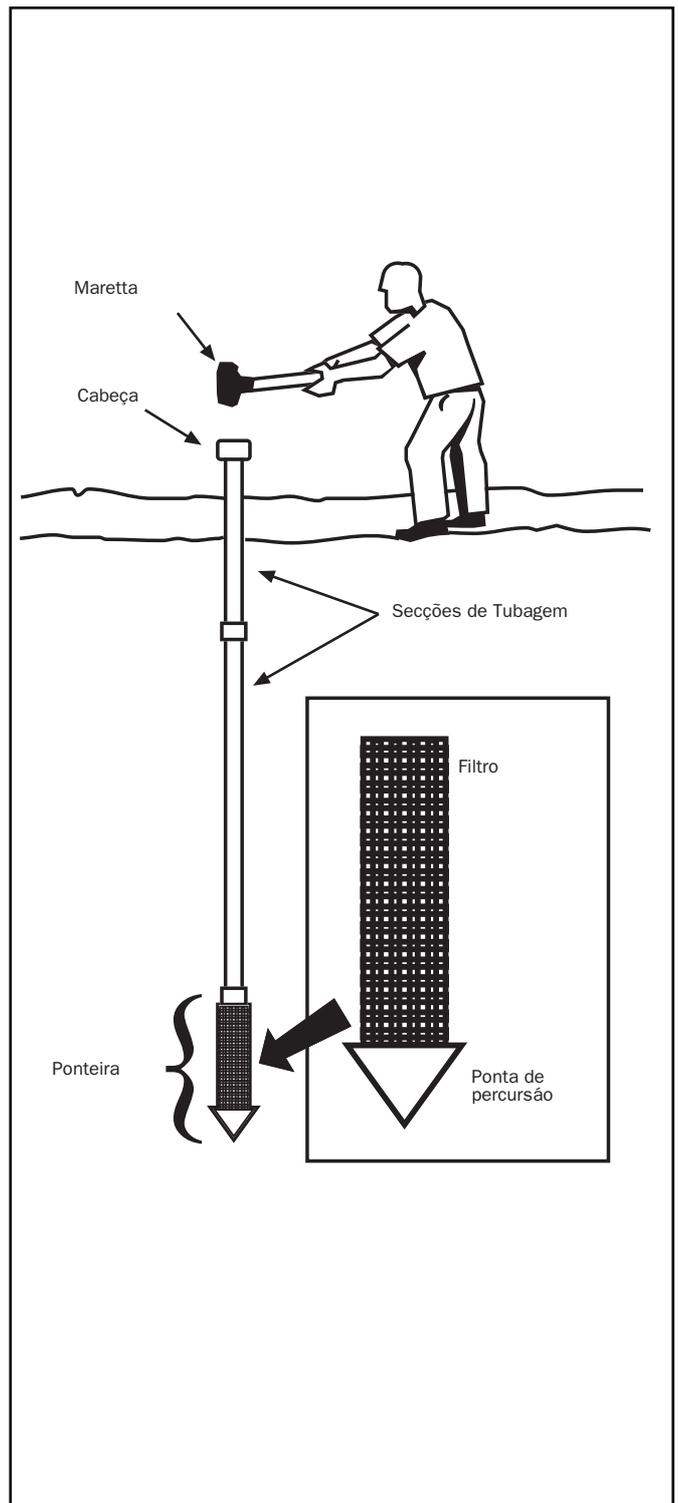



Figura 4.3(a): Percursão (maxima profundidade prática: 8m)

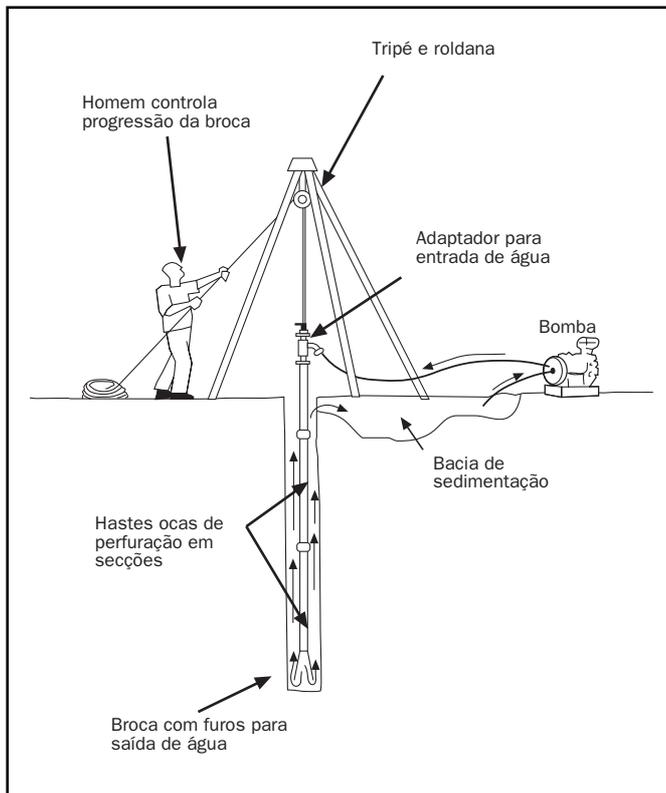



Figura 4.3(b): Furo a Jacto (max.prof. prática: 60m)

Figura 4.3(c): Escavado (trado) (max. Profund.: 15m)

Figura 4.3(d): martelo e cabo (max. Profund.: 75m)

iv) Passos de construção:

A construção deste tipo de poços deve ser feita por empreiteiro experiente, que esteja familiarizado com o trabalho e que disponha do equipamento adequado. Os procedimentos orientados para a construção são:

- Seleccionar um método de construção de poços que seja apropriado para o projecto e as condições locais
- Selecção de um empreiteiro de acordo com critérios tipo experiência e equipamento disponível
- Seguir as mesmas especificações discutidas anteriormente com relação aos furos.

4.2.3 Operação e Manutenção

Operação

Não existem procedimentos operacionais específicos para a operação de poços.

Manutenção

Inspecções semanais

- Deve verificar semanalmente, o estado do poço e zonas circunvizinhas, para assegurar que não existe perigo para a segurança de pessoas ou animais. Deve-se assegurar que tanto as vedações como as manilhas de cobertura dos poços estão nos devidos lugares.
- Deve-se Inspeccionar o estado do passeio para verificar a existência de fissuras no piso em betão. Estas fissuras que podem causar a infiltração de águas perdidas para dentro do poço, devem ser eliminadas logo que forem detectados os primeiros sinais de sua ocorrência.
- Os procedimentos para a reparação/eliminação de fissuras são os seguintes:
  – Abrir a fissura pelo menos 20mm de largura e 20 mm de profundidade com martelo e escopro.

– Limpar todo material solto e poeira localizados na zona da fissura Molhar bem o interior da fissura
– Preparar uma mistura de cimento e areia (1 parte de cimento, 3 partes de areia)
– Colocar a mistura de modo a selar a fissura
– Tapar a massa fresca com areia molhada e mantê-la húmida por dois dias
– Limpar a área a volta do poço e piso em betão e procurar uma possível fonte de contaminação e relatar ao comité de água.

4.2.4 Estimativa de custos

Os valores de custos indicados na tabela que se segue são inerentes apenas à construção da fonte . O custo do passeio e demais elementos de acabamento da fonte são discutidos no parágrafo 5 e os inerentes aos equipamentos de captação de água, discutidos no parágrafo 6.

Custo	Valor - $
Custo Capita	$400
Custo Operacional (US $ por ano)	$0
Custo de Manutenção (US $ por ano)	$0 – se destinado ao comité de água

(Estes custos são baseados nos custos de 2003 e devem ser actualizados para o uso depois de 2003).

4.2.5 Lista de verificação da Implementação

Ver anexo 4

4.3 FUROS PROFUNDOS (até 200 m de profundidade) EM AQUÍFEROS PRIMÁRIOS E SECUNDÁRIOS

4.3.1 Concepção e considerações de dimensionamento

A perfuração e construção de furos profundos, constitui uma técnica de exploração de águas subterrâneas que permite alcançar e extrair águas subterrâneas de grande profundidade. É importante que na fase de planificação de um furo sejam incluídos aspectos que assegurem que o furo construído respeite determinados níveis de qualidade por forma a assegurar a exploração sustentável do recurso subterrâneo e, a utilização sustentável do próprio furo.

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Pode–se usar fontes subterrâneas de grande profundidade	Solução mais cara que as soluções basedas em poços manuais, captação e aproveitamento da água da chuva ou o uso nascente
A água obtida de furos profundos está menos exposta á contaminação	A construção de furos e a gestão do manancial subterrâneo só pode ser feita por técnicos especializados. Há pouco campo para uma participação activa das communidades
Se bem construídos, os furos de grande profudidade constituem fontes de água seguras e duradoiras á longo prazo	
Pode–se desenvolver fontes sustentáveis mesmo em zonas áridas geralmente caracterizadas pela falta de recursos em termos de fonte superficiais	
É mais barato usar fontes subterrâneas quando compardo com a fonte superficial	
A construção é rapidá. Consegue–se abrir uma fonte e pô–la operacional em menos de 2 semanas.	
A construção correcta de furos e a correcta gestção do manancial subterrâneo, são factores que asseguram o mínimo de impactos nagatives sobre o ambiente e ecolagia.	

As vantagens e desvantagens do recurso á furos profundos para a extracção de aguas subterrâneas, são resumidas no quadro a seguir

O recurso à furos mecânicos é tecnicamente viável nas seguinte condições:

- Aquíferos primários (aquíferos arenosos em zonas onde a intrusão salina não constitui problema),
- Aquíferos secundários (em zonas de rocha fracturada ou solos consolidados),
- Zonas problemáticas onde existam camadas espessas de argila.

O recurso a furos mecânicos é tecnicamente pouco recomendado nas seguinte condições:

- Áreas propensas à intrusão salina (p.ex:.zonas costeiras),
- Áreas próximas de aterros sanitários, zonas de descarga de águas residuais domésticas ou industriais, zonas de acumulação ou despejo de resíduos de actividade mineira, zonas com densidade elevada de latrinas ou zonas com actividade pecuária intensiva.

A natureza diversificada das condições encontradas no subsolo (por vezes em profundidades bastante pequenas) torna virtualmente impossível uma abordagem simplista ou extremamente detalhada, do projecto de um furo. A mesma constatação é válida para o caso da padronização do projecto de furo pois este vai depender das condições específicas encontradas nos locais de perfuração.

Como forma de se assegurar a implementação com sucesso de um projecto de abertura de furos, na fase de planificação do furo deve-se ter em conta os seguinte aspectos:

i) Diâmetro do furo

O diâmetro do furo é fundamentalmente ditado pelo diâmetro da bomba à instalar e do diâmetro dos tubos de coluna. Escolhe-se o maior diâmetro dentre os dois.

ii) Método de perfuração

O Método de perfuração mais adequado para as condições locais, deve ser acordado com o empreiteiro antes do início da perfuração.

iii) Alterações na formação geológica

Durante a perfuração, a formação geológica no local da abertura do furo vai ser alterada o que significa que as especificações relativas ao desenvolvimento do furo devem incluir medidas que permitam minimizar os impactos de tais alterações.

iv) Revestimento

O diâmetro do revestimento deve ser suficientemente largo para acomodar, a bomba, os cabos de alimentação eléctrica da bomba (bombas submersíveis). O mesmo deve permitir

também a colocação de tubos de coluna que resultem no mínimo de perdas de carga (por fricção) para os caudas de exploração do furo.

O revestimento do furo deve ser suficientemente resistente para resistir ao seu peso próprio, é também à cargas externas como sejam a pressão resultante da diferença de níveis de água entre o exterior e o interior do revestimento. Durante a construção do furo, pode-se usar revestimentos temporários mas estes devem ter as mesmas características técnicas do revestimento permanente.

O revestimento filtrante (Filtro) deve ser escolhido por forma a assegurar o máximo caudal de exploração do furo com o mínimo de infiltração de material arenoso do aquífero.

A abertura da ranhuras do perforated screen deve ser tal que evite a passagem de finos para dentro do furo. Regra geral, o filtro deve reter 50% em diâmetro, do material do aquífero. O resto dos finos, atravessará o filtro para dentro do furo e será removida durante o desenvolvimento do furo.

A longo prazo, a transmissividade inicial dos filtros é geralmente afectada devido á corrosão e incrustação daí que durante o projecto do furo e especificamente na escolha do material do filtro, seja preciso tomar em consideração este aspecto.

v) Profundidade do furo

Depende da localização do aquífero à explorar. É geralmente determinada durante o processo de perfuração. A pesquisa geofísica realizada antes da abertura do furo dá uma indicação da profundidade esperada do furo.

vi) Risco de contaminação

Durante a fase de planificação da abertura de um furo, deve-se avaliar devidamenteo risco de contaminação do(s) mesmo(s) devido à latrinas localizadas nas proximidades. A localização final dos furos deve ser feita tendo em atenção este aspecto. O risco de contaminação depende da profundidade a que se encontra o lençol freático e do tipo de formações geológicas que compõem o aquífero e formações circundantes.

Os pontos discutidos anteriormente devem fazer parte das especificações técnicas com base nas quais serão elaborados os documentos de concurso que irão orientar as obras de perfuração.

4.3.2 Construção

A figura 4.4 á seguir, mostra o desenho tipo (em perfil) de um furo profundo

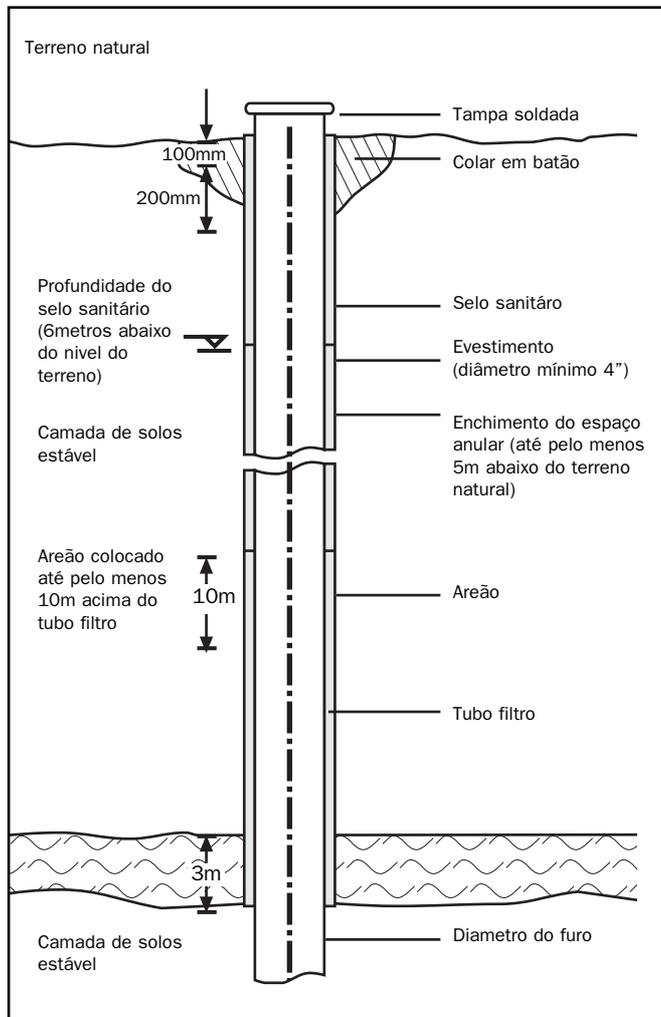



Figure 4.4: Secção Transversal típica de um furo profundo

i) Considerações de segurança

IMPORTANTE

AS INSTRUÇÕES DE SEGURANÇA INDICADAS À SEGUIR, DEVEM SER FORMALMENTE ANUNCIADAS À TODAS AS PESSOAS ENVOLVIDAS NA ABERTURA DE FUROS, DEVENDO TAMBÉM FAZER PARTE DAS SESSÕES DE SENSIBILIZAÇÃO E TREINAMENTO CONDUZIDAS ANTES DO INÍCIO DA CONSTRUÇÃO

- TODO O PESSOAL TRABALHANDO OU CIRCULANDO NA ZONA DE ABERTURA DOS FUROS DEVE ESTAR DEVIDAMENTE EQUIPADO COM FARDAMENTO, CAPACETE E BOTAS. DEVE-SE TAMBÉM COLOCAR AVISOS EM PONTOS VISÍVEIS DO LOCAL DA OBRA INDICANDO A OBRIGATORIEDADE DE USAR ESTES FARDAMENTOS NO LOCAL DA OBRA.
- TODO O PESSOAL ENVOLVIDO NO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DE FUROS DEVE SER DEVIDAMENTE TREINADO SOBRE ASPECTOS RELACIONADOS COM A OPERAÇÃO DO EQUIPAMENTO DEVENDO TAMBÉM SER PREVINIDOSPREVENIDOS SOBRE OS RISCOS ASSOCIADOS AO USO DO REFERIDO EQUIPAMENTO.
- DEVE-SE EVITAR A CIRCULAÇÃO, NO LOCAL DA OBRA, DE PESSOAS NÃO ENVOLVIDOS NA CONSTRUÇÃO OU MESMO DE ANIMAIS.
- DEVE-SE VERIFICAR DIARIAMENTE, O ESTADO DE TODO O EQUIPAMENTO USADA NA ELEVAÇÃO (P.EX: TRIPÉ, GUINCHO ETC.), DE MATERIAIS E OUTROS EQUIPAMENTOS PARA ASSEGURAR QUE O SEU USO NÃO CONSTITUI PERIGO PARA OS TRABALHADORES. CORREIAS, GANCHOS E CORRENTES DE TODO EQUIPAMENTO, DEVEM SER SUBSTITUÍDOS LOGO QUE SE NOTAREM OS PRIMEIROS SINAIS DE DESGASTE MESMO QUE OS REFERIDOS SINAIS LOCALIZADOS. DEVE-SE TER ATENÇÃO ESPECIAL AO RISCO DE ELECTROCUSSÃO DEVIDO AO USO DE MATERIAL ELÉCTRICO EM CONDIÇÕES HÚMIDAS. CABOS E OUTRO TIPO DE CONDUTORES ELÉCTRICOS EXPOSTOS À SUPERFÍCIE PODEM FACILMENTE SER DANIFICADOS (POR EXEMPLO PELA PASSAGEM DE MÁQUINAS) AUMENTANDO DESSE MODO O RISCO DE ELECTROCUSSÃO DOS TRABALHADORES.

ii) Duração e custos associados à abertura de furos

- Dependente das condições e método de perfuração, da profundidade de perfuração, etc.
- Como valor indicativo, estima-se em pelo menos 5 dias o tempo necessário para se abrir um furo produtivo.
- Os custos de abertura de um furo são geralmente elevados devido à complexidade do equipamento usado na perfuração.

iii) Habilidades necessárias

- Empresas ou equipas de perfuração com experiência comprovada de perfuração.
- Habilidades de operar com equipamento de perfuração
- Equipas suficientemente treinadas sobre aspectos de segurança no trabalho

iv) Ferramentas e Materiais

Técnicas comuns de perfuração:

- **Rota-Percussão**

Com emprego de martelo pneumático. Esta técnica é ideal para formações em rocha dura.

- **Rota-percusão com uso de lama**

Com uso de bentonite para a lama, esta técnica é ideal para a abertura de furos em materiais soltos e não consolidados como areias, areão em especial em zonas costeiras.

Equipamento e material no local
- Máquina de perfuração e/ou compressor com equipamento de perfuração
- Revestimento apropriado e filtro (Refira-se a figura 4.3.2 (a)
- Hastes ou tubagem para o teste de verticalidade
- Estabilizador adequado para a formação (areião)
- Cimento, pedra, bentonite e areia do rio
- Desinfectante para o furo (hipocloreto de sódio, hipocloreto de ou chlorinated lime).
- Cronómetro (para determinar a velocidade de penetração)
- Descarregador triangular 90 ° (para determinar o caudal de desenvolvimento com compressor)

Requisitos para perfuração

- **Testes de Verticalidade**

O furo deve ser vertical e direito para evitar estragos no equipamento durante a operação. A verticalidade normalmente definida como a capacidade de se baixar um tubo de 6 m de comprimento, cujo o diâmetro não seja mais do que 15 mm menor que o diâmetro interno do revestimento do furo sem provocar fricção demasiada (resistência). O furo será considerado negativo no caso em que haja qualquer desvio que impossibilite a entrada livre do tubo de aço, sendo então o furo considerado perdido.
O furo será considerado direito se o centro do furo a qualquer profundidade não se desviar da vertical ao longo do centro do furo a partir do topo do furo em amais 1/3 do diâmetro do furo por 30 m de profundidade. Se esta condição não for satisfeita o furo deverá ser considerado como perdido.

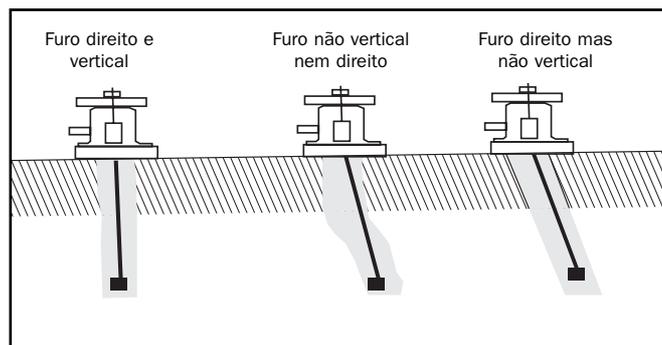



Figure 4.5: Verticalidade e alinhamento de furo/poço

- **Desenvolvimento do furo**

Esta actividade inclui a limpeza de todo o material solto do furo logo depois da conclusão da perfuração. A remoção do material solto (material que poderia colmatar o furo) leva normalmente ao melhoramento do caudal específico do furo. O desenvolvimento deverá ser feito de acordo com as instruções do consultor técnico com recuso a ar comprimido, injecção intermitente de ar, injecção de ar ou outra técnicas comuns.
A actividade deverá ser concluída com a recolha duma amostra representativa da água num vasilhame de 1 litro que deverá ser submetida para análise por um Agente Técnico de Análise.

- **Desinfecção de Furo**

Também conhecido como esterilização, o objectivo aqui é a desinfecção do furo e seu conteúdo de quaisquer bactérias introduzidas durante o processo de construção. A esterilização é facilmente feita por introdução de cloro (ou substâncias que libertem cloro) no furo.

- **Velocidade de penetração:**

Isto representa o tempo gasto, medido pelo cronómetro, para a alacançar uma profundidade específica no furo (geralmente assume-se um metro).

- **Recolha de amostra e descrição:**

Isto inclui a descrição visual da formação perfurada. Ë feita por inspecção dos elementos da rocha (material perfurado) que vem a superfície durante a perfuração.

- **Profundidade a que se encontra a água:**

Esta informação dá a relação entre a posição em que qualquer água, incluindo a ressurgência, é alcançada no furo durante a perfuração. Ë possível que se atravesse mais do que um aquífero durante a perfuração.

- **Caudal do furo:**

É o volume de água por unidade de tempo que sai do furo durante a perfuração – dá uma indicação do possível caudal

do furo. O meio mias aceitável e fiável de medir é através dum descarregador triangular 90 °. Outro meio mas pouco preferido é a utilização dum tambor e um cronómetro.

- **Protecção do furo**

Para eviraevitar a contaminação do furo após desinfecção, este deve ser selado. Para o efeito, usa-se geralmente uma tampa metálica com espessura 3-4 mm, soldada ao colar do furo. Nesta tampa, faz-se geralmente um orifício com cerca de 15 mm de diâmetro usada para inroduçãointrodução de sondas para o controle de níveis no furo. Este orifício é geralmente tapado com um bujão de diâmetro equivalente.

- **IdentificaçãoпIdentificação do furo**

Após conclusão, deve-se atribuir um código ao furo o qual deve ser inscrito na tampa do furo e no passeio (se este já tiver sido concluído). Adicionalmente, deve-se construir um maciço de identificação do furo com dimensões 300 mm x 300 mm x 300 mm e localizado à uma distância de aproximadamente 5 m à norte do furo e no qual também se inscreve o códico de identificação do furo. Este códico deve conter no mínimo a seguinte informação: Nr. de referência do furo, profundidade do furo, data da perfuração e coordenadas geográficas.

- **Selo sanitário**

Todo o furo executado com sucesso, deve ser provido de um selo sanitário, colocado entre a parede interior do furo e a parede exterior do revestimento. (ver figura 4.4). Este selo consiste numa argamassa preparada com base numa mistura de 2 kg bentonite adicionada à 25 litros de água que, após ser devidamante amassada é misturada à 1 saco (50 kg) de cimento. Esta argamassa, é lançada até cerca de 5 m de profundidade do furo i.e. 5 metros abaixo da superfície do terreno. (vide de novo figura 4.4)

- **Acabamento do furo decoração**

Cada furo positivo deverá ser provido de um colar de betão de 30 MPa. O revestimento deverá ser estendido até uma altura de 500 mm acima do nível do terreno. Depois de terminado todos os locais da obra deverão ser limpos (decorados), remover troncos, todas as infraestruturas e equipamento abandonados removidos. Veja anexo 3 para regras de mistura de cimento.

viii) Reabilitação de furos existentes

A reabilitação de furos varia desde a simples limpeza e re-desenvolvimento de furos à recuperação do revestimento, o alargamento e subsequente reinstalação do revestimento. A natureza e quantidade de trabalhos de reabilitação necessários em cada caso específico, devem ser avaliadas em detalhe antes de se iniciar os trabalhos pois será com base nesta avaliação que se identificarão as técnicas e os equipamentos mais apropriados para o trabalho pretendido

ix) Recolha de dados e processamento

Durante a perfuração, é imperioso que se recolha toda a informação resultante do trabalho de perfuração e que é posteriormente processada para a caracterização do respectivo furo. A lista mínima de parâmetros que, devem ser monitorados durante a perfuração é resumida em seguida:

- **Velocidade de penetração:**

Isto representa o tempo gasto, medido pelo cronómetro, para a alacançar uma profundidade específica no furo (geralmente assume-se um metro).

- **Recolha de amostra e descrição:**

Isto inclui a descrição visual da formação perfurada. Ë feita por inspecção dos elementos da rocha (material perfurado) que vem a superfície durante a perfuração.

- **Profundidade a que se encontra a água:**

Esta informação dá a relação entre a posição em que qualquer água, incluindo a ressurgência, é alcançada no furo durante a perfuração. Ë possível que se atravesse mais do que um aquífero durante a perfuração.

- **Caudal do furo:**

É o volume de água por unidade de tempo que sai do furo durante a perfuração – dá uma indicação do possível caudal do furo. O meio mias aceitável e fiável de medir é através dum descarregador triangular 90 °. Outro meio mas pouco preferido é a utilização dum tambor e um cronómetro.

- **Nível hidrostático:**

Representa a profundidade, medida à partir da superfície do terreno, a que se encontra o lençol freático antes de se iniciar a bombagem. O método de medição mais comum é através do uso de uma sonda eléctrica.

x) Testes da qualidade do furo

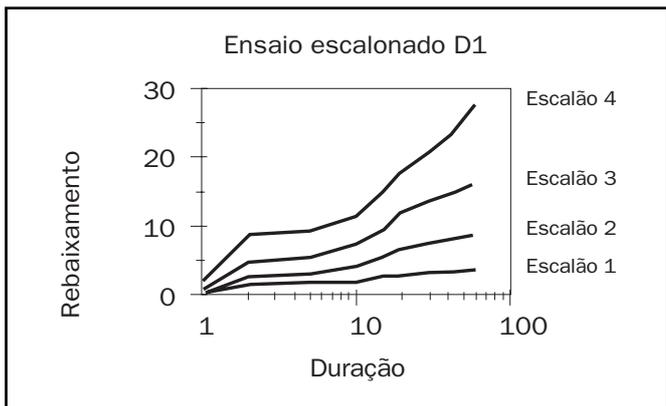
Depois de concluída a abertura do furo, é imperioso que se conduzam testes destinados a avaliara a produtividade do furo. Estes testes irão determinar se furo estará em condiiçõescondições de satisfazer a demanda de água para a qual o sistema é concebido. Os teste a executar são os seguintes:

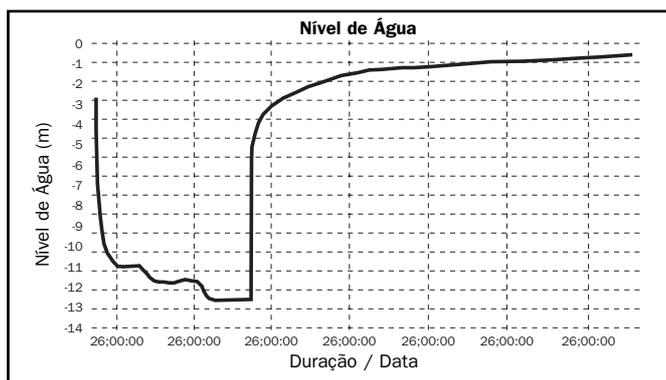
- **Teste por esvaziamento instantâneo:**

Permite a avaliação do caudal em furos/poços com baixa produtividade (menos do 1L/s). O resultado poderá indicar se é seguro e fiável a realização de ensaio de caudal no furo/poço. O ensaio involve a determinação da reacção do nível da água a retirada expontânea de água. Em termos qualitativos o mais rápido (a resposta) que se consegue maior será o potencial do furo em termos de caudal.

Ensaio escalonado:

O ensaio escalonado, consiste na bombagem da água do furo em três escalões de caudais diferentes e sequenciais, durante períodos curtos de cerca de 15 minutos. O teste é

concluído pela monitoriaação e registo, da recuperação do furo para cada escalão de caudais de bombagem.

O ensaio envolve a relização de 3 ou mais estágios de bombagem (caudais diferentes) em ordem crescente cada um com uma duração igual a (60-120 minutos).

Ensaios a caudal constante:
O teste envolve o bombagem dum furo a caudal constante por um período longo (12 a 72 horas). O rebaixamento do nível da água é medido no furo durante a bombagem seguindo uma pauta de tempo.

4.3.3 Operação e manutenção

As exigências de operação e manutenção de furos profundos são semelhantes às descritas na secção 4.2.3. para furos pouco profundos.

4.3.4 Estimativa de custos

Custo	Valor - $
Investimento capital	7,500
Custos de Operação (US$/ano)	
Custos de Manutenção (US$/ano)	

(Os valores da tabela, são baseados nos preços praticados em 2003 daí os mesmos terem que ser ajustados para períodos posteriores a 2003.)

4.3.5 Listas de verificação da Implementação

Vide anexo 4.

4.4 NASCENTES

4.4.1 Planificação e considerações de projecto

As vantagens/desvantagens do uso de nascentes para o abastecimento de água às populações, são mostradas na tabela que se segue.

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Consegue-se àgua de muito boa qualidade de água quando os pontos de captação são devidamente protegidos	As nascentes são muito susceptíveis a contaminação por águas de origem superficial
A construção de sistemas de captação baseados na filtração é eficiente em termos fe custo e tempo.	É imperativo que se façam controles regulares (análises hidro-químicas) da qualidade da água das nascentes
Dependendo do tipo de nascente a fiabilidade da fonte pode ser bastante alta	A construção de sistemas centralizados é mais vantajosa no que se refere ao custo e ao tempo necessário para a implementação.
As intervenções de manutenção normalmente exigidas são simples e baratas	O recurso à sistemas de colectores (tubos perfurados) para a captação da água, requer muito tempo e alguma experiência
	Devido à condicionalismos geohidrológicos, a fonte pode ter que ser localizada longe das zonas (comunidade) de consumo

O recurso à água de Nascente só é viável se a mesma é usada nas seguinte condições:

- Áreas onde água não contaminada aflui livremente (naturalmente) a superfície da terra.

O recurso à água de Nascentes é pouco viável quando usada nas seguinte condições:

- Áreas com disponibilidade limitada de nascentes seguras
- Áreas altamente poluídas,

As nascentes são classificadas em duas categorias i.e. nascentes pontuais e nascentes de ressurgência. As opções técnicas para o aproveitamento dos dois tipos de nascentes são, conforme ilustrado nos diagramas que se seguem.

Opções técnicas de aproveitamento

i) nascentes pontuais

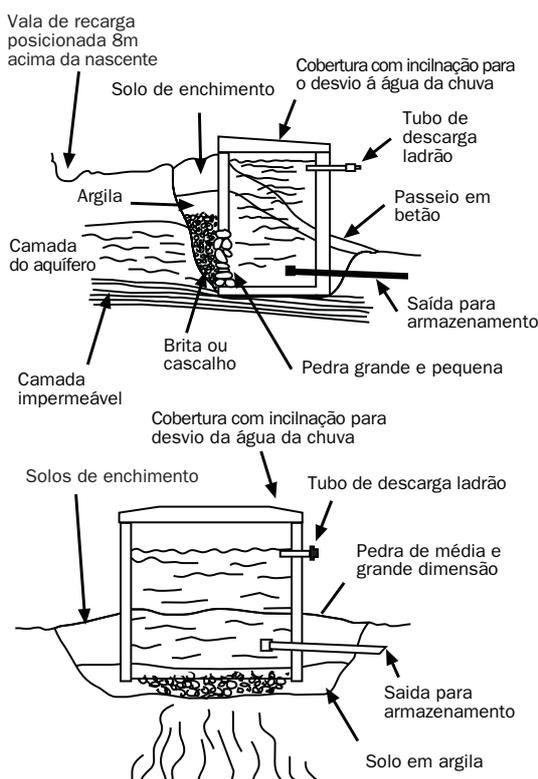



Figure 4.6(a): Pormenores construtivos de obras de protecção de nascentes pontuais.

ii)Nascente por infiltração (galerias)

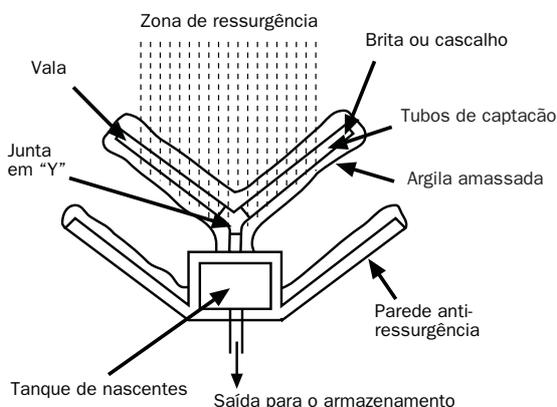
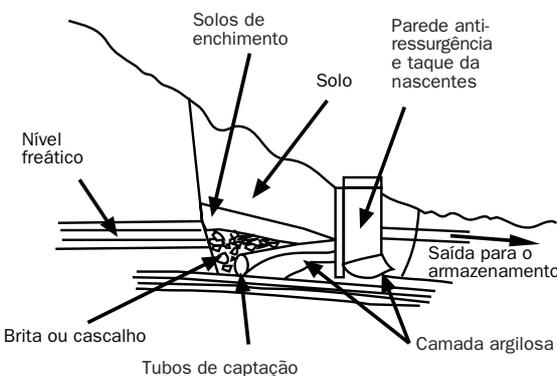



Figure 4.6(b): Sistema de recolha através de filtros.

Seguidamente, discutem-se alguns dos aspectos a tomar em consideração na concepção e dimensionamento de sistemas baseados em nascentes .

- **Produtividade de fiabilidade fonte**

Antes de se começar com os trabalhos de construção, deve-se avaliar a produtividade da nascente por forma a se determinar se a mesma tem capacidade suficiente para satisfazer a demanda da água no aglomerado em questão. A produtividade da nascente pode ser testada através do método volumétrico. Neste método faz-se a medição do volume de água entrado para determinado recipiente de volume conhecido, durante um determinado intervalo de tempo também conhecido. A razão entre Volume e tempo dá o caudal.

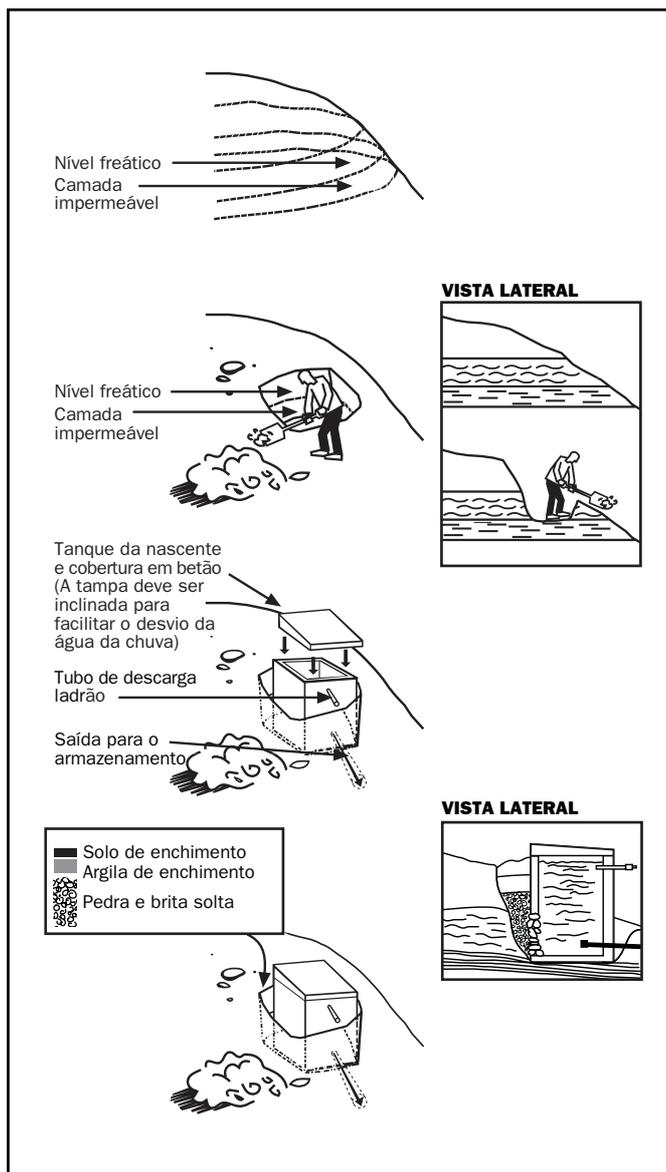
Caudal por minuto = $\frac{\text{volume de agua num recipiente}}{\text{tempo necessario para enchero o recipiente}}$

O teste de produtividade de nascentes deve ser feito e monitorado durante as estações seca e húmida como forma de assegurar a recomendação de soluções sustentáveis de uso das referidas nascentes. A produtividade medida deve posteriormente ser comparada à demanda de água calculada para o aglomerado em questão e assim, determinar se é efectivamente viável caminhar para a exploração daquela fonte.

Qualidade da água

A qualidade da água da nascente deve também ser controlada para assegurar que a mesma respeita os padrões de qualidade associados ao seu uso. Durante a fase de planificação, deve-se avaliar o risco de contaminação da(s) nascentes (s) por latrinas construídas na zona circunvizinha dos pontos de água. As nascentes devem ser posicionados de modo a minimizar esse risco de contaminação

Protecção de infra-estruturas contra cheias ocasionais

A concepção e dimensionamento de uma fonte ligada à uma nascente protegida, deve ser tal que preveja a protecção da infra-estrutura contra cheias ocasionais.

4.4.2 Construção

i) Tempo necessário para a construção

- Depende do tipo de nascente (nascente pontual ou nascente com diversos pontos) e o método emprego de utilização e protecção da nascente.

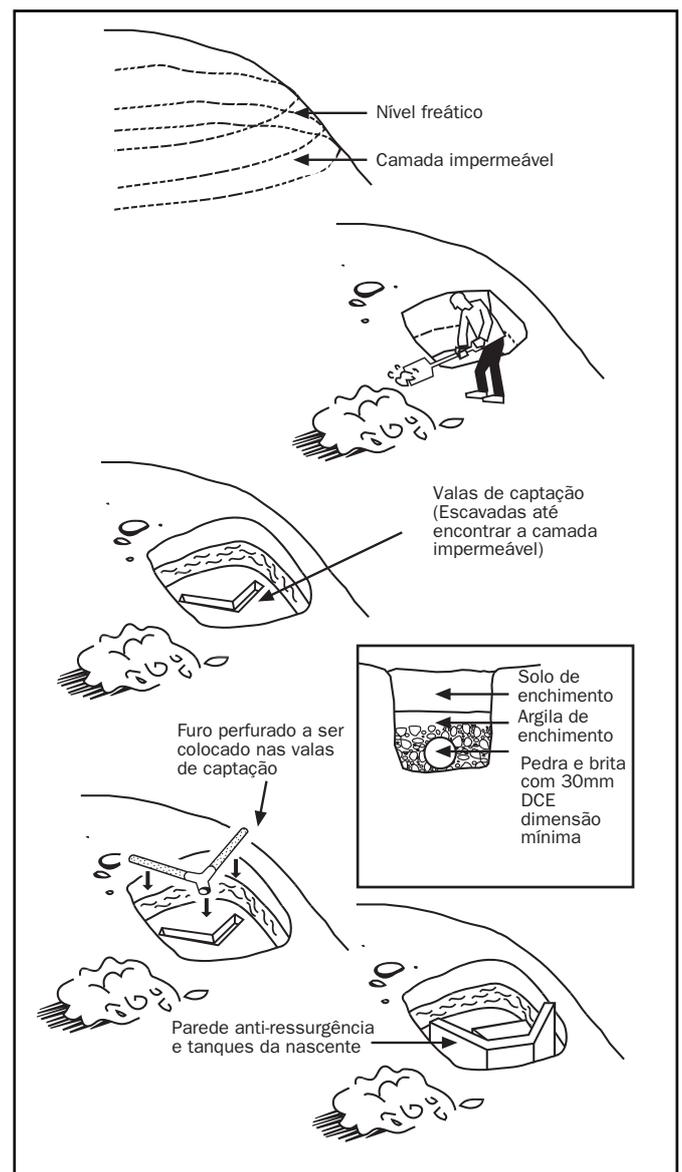
ii) Ferramentas e materiais

- Ferramentas de escavação,
- Betão, blocos, cofragem em madeira , areia e cascalho para a construção da caixa da nascente,
- Areia e cascalho para construir filtro natural dentro da caixa da nascente,
- Tuba de saída e tubo ladrão,
- Tubos perfurados para serem usados como colectores para o sistemas de colecção por filtros
- Argila para selar o sistema de colecção de filtros

- **iii) Procedimentos de construção**

- Para nascentes pontuais:

Figura 4.7(a)

Figura 4.7(b)

4.4.3 Operacão e Manutenção

i) Operacão

Não existem procedimentos tormais de openação

ii) Manutenção

Inspecções semanais

- A nascente e arredores devem ser verificadas para assegurar que não representam perigo contra a segurança de pessoas ou animais. As vedações devem estar no lugar e coberturas em betão devem permanecer no local.
- Inspeccionar a estrutura de betão para verificar se há alguma fissura, que pode causar a penetração das águas superficiais. Em caso afirmativo deve ser tomadas medidas urgentes para selar.
- As fissuras devem ser reparadas o mais rápido possível recorrendo ao seguinte método:
- Abrir a fissura pelo menos 20mm de largura e 20 mm de profundidade com martelo e escopro.
- Limpar todo material solto e poeira da fissura aberta
  - Molhar bem o interior da fissura
  - Preparar uma mistura de cimento e areia (1 parte de cimento, 3 partes de areia)
  - Colocar a mistura de modo a selar a fissura
  - Tapar s massa fresca com areia molhada e mantê-la húmida por dois dias
  - Limpar a área a volta do poço e piso em betão e procurar uma possível fonte de contaminação e relatar ao comité de água.

4.4.4 Avaliação do custo

Os custos mostrados abaixo são somente para as fontes de água. O custo para o piso em betão é mostrada no parágrafo 5 e para os dispositivos de captação de água se reflecte no parágrafo 6.

Custo	Valor - $
Custo Capita	$300
Custo Operacional (US $ por ano)	$0
Custo de Manutenção (US $ por ano)	$0 – se destinado ao comité de água

(Estes custos foram baseados em 2003 e devem ser actualizados para o uso depois de 2003.)

4.4.5 Lista de verificação da implementação

Veja o anexo 4

4.5.1 Planificação e Considerações de Projecto

Existem muitas e diversificadas formas de captação de águas superficiais para fins de abastecimento de água cuja natureza e tipologia varia de local para local em função das condições específicas existentes. Por essa razão, a presente secção do manual só irá discutir algumas das opções tecnológicas de aproveitamento de águas superficiais para abastecimento às populações. Na prática, a decisão final, sobre o tipo de fonte será baseada na avaliação feita por um engenheiro experiente afeto ao projecto.

As vantagens e desvantagens da utilização de fontes superficiais para abastecimento de água são resumidas na tabela que se segue:

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Boa fonte de água e facilmente acessível se devidamente desenvolvida.	O desenvolvimento destas fontes pode ser muito complexo e dispendioso.
Se não tiver que ser bombada ou tratada, a água superficial oferece uma opção de baixo custo.	A fonte é muito susceptível a poluição e contaminação.
A água de rios ou riachos quando naturalmente filtrada a poços oferece um bom método de baixo custo na utilização dessas fontes.	A água superficial deve ser protegida e tratada antes de ser usada.
	Opção muito dispendiosa se a água tiver que ser bombada e tratada.
	O tratamento da água superficial necessita de técnicas e equipamentos especiais.
	A captação necessita duma manutenção constante para manter o sistema operacional.
	Normalmente é necessário bombear a água através dum sistema de distribuição ao ponto de uso.

Adicionalmente é preciso ter em consideração que:

O recurso à água superficial só é viável nas seguinte condições:
- Áreas Montanhosas onde a qualidade da água pode ser boa,
- Áreas com rios ou riachos perenes,
- Áreas onde existam reservas naturais ou artificiais tipo, lagos/lagoas ou represas,
- Áreas onde a água superficial não está sujeita à poluição)devido p. ex: à agricultura, actividade mineira e industrial, descarga ou deposição de resíduos humanos ou animais etc.)

O recurso à utilização de água superficial só é viável nas seguinte condições :
- Quando a captação é feita em locais situados à jusante de zonas poluídas,
- Quando a captação é feita em zonas afastadas das comunidades,
- Se os rios ou riachos donde se espera tirara a água, são de caudal intermitente (não perenes).

As considerações de cálculo mais importantes para a concepção e dimensionamento do projecto de sistemas de captação de águas superficiais são discutidas em seguida.

- **Produtividade e fiabilidade da fonte**

Antes de se iniciar a exploração de qualquer fonte superficial, deve-se conduzir estudos destinados à determinar o escoamento anual e suas flutuações sazonais bem como a determinação do caudal máximo que se explorar mantendo a fiabilidade do fornecimento. Este caudal deve ser comparado com a demanda de água como forma de avaliar a conveniência da fonte para o respectivo abastecimento. Uma indicação da produtividade da fonte pode contudo ser obtida conforme indicado a seguir. Refira-se que o trabalho de determinação da produtividade da fonte é uma tarefa especializada que deve ser executada por Consultores técnicos.

- **Custo**

Antes de se tecerem recomendações sobre a opção de captação de água superficial, deve-se avaliar, os custos de construção e manutenção da opção como forma de assegurar que a escolha feita é viável..

- **Qualidade da água**

As fontes de água superficial são geralmente expostas a poluição por animais e pessoas daí que antes de se recomendar o seu uso, deve-se ter o cuidado de se avaliar determinar a qualidade básica da água assim como as necessidades de tratamento (caso necessário). Para o efeito, deve-se recolher pelo menos uma amostra de água para ser analisada e dessa forma determinar-se a adequabilidade da fonte em questão..

- **Protecção da Infra-estrutura contra cheias ocasionais**

Durante a fase de concepção do projecto, deve-se assegurara que a infra-estrutura é posicionada de tal forma que se minimize o risco de destruição devido à cheias ocasionais.

- **Prevenção contra o assoreamento dos pontos de captação.**

A água, quando em movimento, carrega geralmente sólidos em suspensão que tendem a sedimentar sempre que a velocidade da corrente de água diminui devido poe exemplo a obstáculos tais como barragens ou açudes.. Esta deposição e acumulação no fundo irá conduzir à uma redução, a médio e longo prazos, do volume de armazenamento das referidas represas para além de poder causar problemas com o equipamento de captação. Durante a fase de concepção e cálculo do projecto, é necessário tomar precauções para prevenir este tipo de situações..

As figuras que se seguem, mostram alguns exemplos de instalações tipo de captação de águas de fontes superficiais.

i) Captação em, lagoas, lagos e albufeiras de barragens/represas

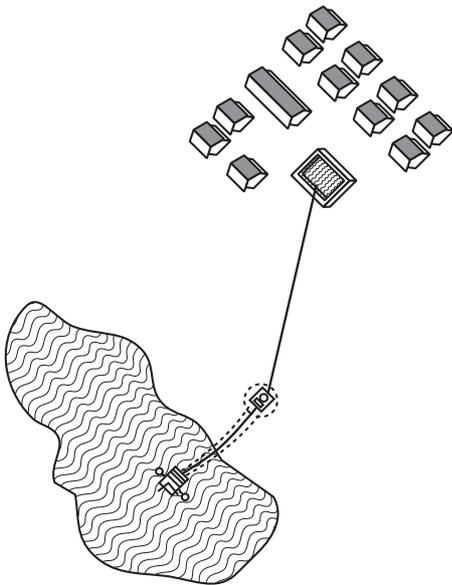



Figura 4.9(a): Captação de água superficial em lagoas e lagos.

Em lagoas, lagos e albufeiras de represas/barragens, a água pode ser captada de forma muito simples e barata, através da construção de obras simples de captação tais como as indicadas nas figuras 4.9(a), (b) e (c). Nas figuras, em baixo é ilustrado um sistema de captação constituído por tubo (flutuante ou rígido) ligado à fonte através do qual a água captada da fonte entra para o sistema de abastecimento de água sendo aduzida para armazenamento, tratamento ou directamente para o consumidor. Neste tipo de obras, a captação deve ser colocada na parte mais funda da fonte para maximizar o uso da água armazenada e prevenir a sua contaminação por pessoas e animais. Para assegurar que a água seja captada sempre ao mesmo nível, independentemente das mudanças do nível da água (eliminando portanto a captação da água da superfície, geralmente contaminada por material flutuante ou a água do fundo geralmente carregada de sedimentos do fundo), recomenda-se o uso de captações flutuantes conforme ilustrado na Fig. 4.9(b). A água obtida deste tipo de fontes, deve ser submetida à tratamento antes do uso.

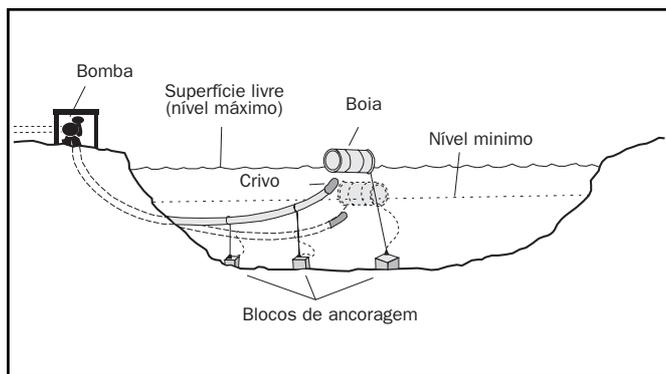



Fig 4.9(b): Captação flutuante em lagoas, lagos e albufeiras de represas/barragens.

Em albufeiras onde o enchimento ainda não iniciou, (reservatórios recém escavados ou numa bacia onde se vai construir uma barragem) pode-se construir, uma caixa de captação semelhante à ilustrada na (Fig. 4.9(c)) que poderá posteriormente ser usada para a captação da água. Este tipo de captação é do tipo permanente, mas é muito dispendioso sendo somente adequado para situações onde a área da albufeira ainda não foi enchida.

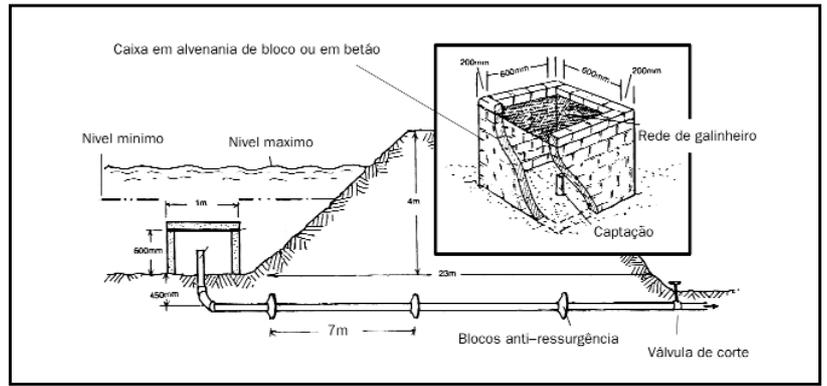



Figura 4.9 (c): Estruturas de captação para barragens.

De um modo geral, a captação de água em lagoas, lagos e albufeiras de barragens/represas é dispendiosa. Quanto mais afastada estiver a captação dos pontos de consumo , mais dispendioso se torna o sistema daí recomendar-se que sempre que possível, a fonte e a captação seja localizada perto das zonas de consumo.

ii) Rios e Riachos

Rios e riachos apresentam geralmente grandes variações sazonais de caudal o que afecta significativamente a localização das obras de captação e a qualidade da água captada. Grosso modo, existem dois tipos de captação em rios e riachos designadamente: os sistemas de infiltração (fig 4.9(d)) e os sistemas baseados na captação directa (fig 4.9(e)).

- Sistema baseados na infiltração perto da fonte principal:

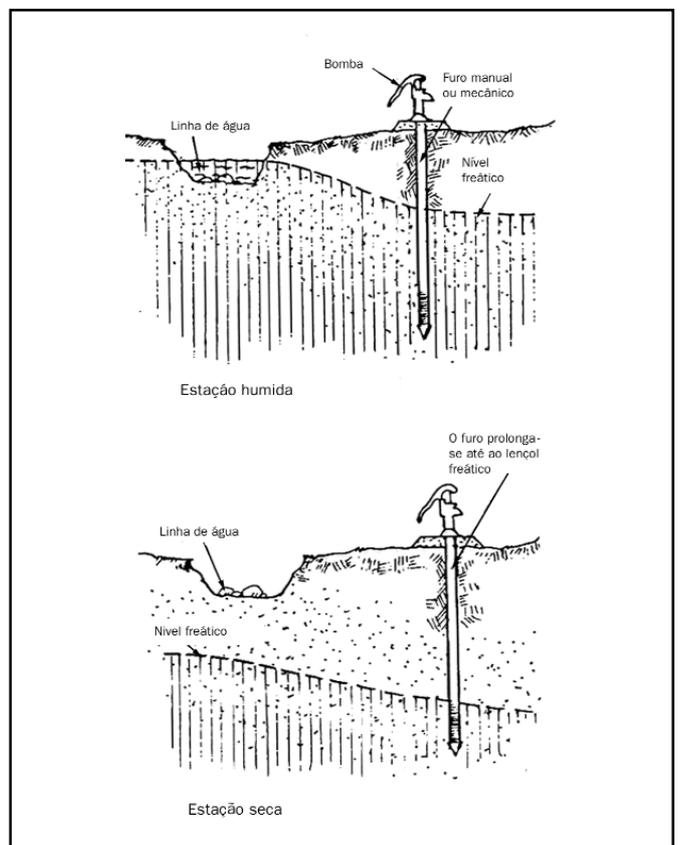



Figura 4.9(d): Sistema de infiltração na margem do rio.

Os sistemas de infiltração na margem do rio compreendem a exploração da reserva subterrânea localizada próximo das

margens do rio recorrendo-se para o efeito à poços ou furos abertos nas margens da linha de água. Este tipo de captação permite providenciar água potável durante todo ano (estação chuvosa e seca) desde que, o poço ou furo seja escavado abaixo do nível de leito do rio
(Fig. 4.9(d)). A água obtida é geralmente de boa qualidade uma vez que a água do rio ou riacho é extraída de um sistema onde ocorre filtração natural.

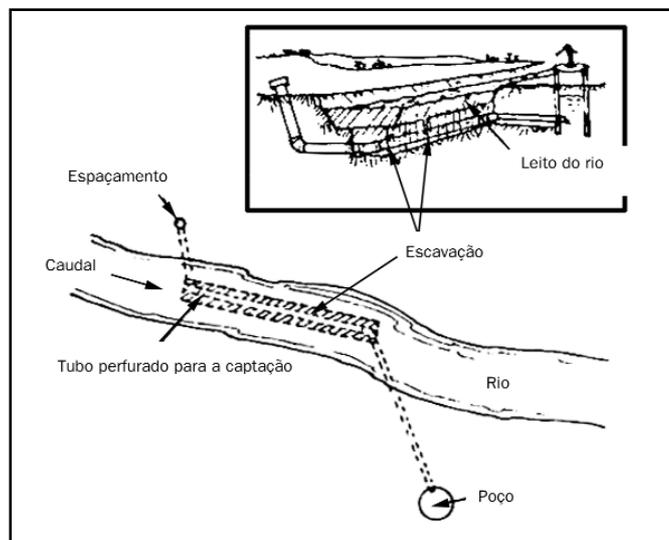



Figura 4.9(e): Galeria de Infiltração no leito do rio.

Nesta opção, usa-se o mesmo princípio da infiltração na margem do rio porém os a captação da água é feita em poços construídos nas margens das linhas de água e que são alimentados por uma galeria de tubos de infiltração colocados no fundo do leito principal da linha de água, com orientação semelhante à da direcção do escoamento (vide Fig. 4.9(e)). A tubagem de infiltração é ligada directamente a um poço de captação , que geralmente providencia algum armazenamento e decantação.

Outra possibilidade semelhante à anterior é a de se colocar a tubagem de infiltração com orientação perpendicular à do sentido do escoamento no rio/riacho conforme ilustrado na Figura 4.9(f). Esta técnica exige que a tubagem seja inserida até uma área localizada por baixo do leito de estiagem do rio/riacho que a torna mais difícil de construir.

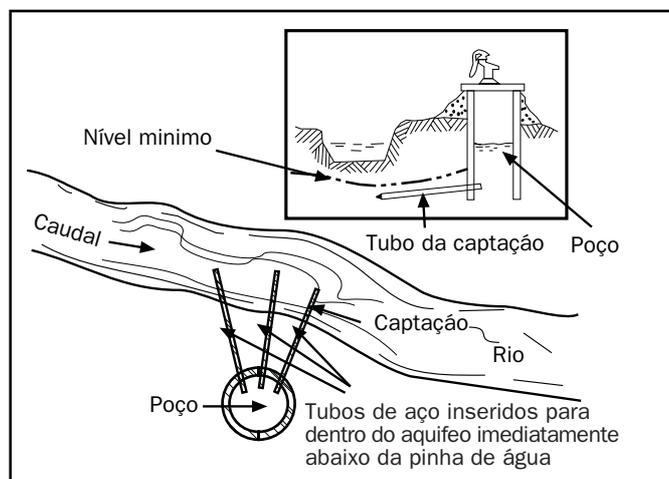



Figura 4.9(f):Sistema de infiltração usando tubagem múltipla.

- **Sistema de captação directa:**

As estruturas de captação directa devem ser localizadas em secções da linha de água cujas condições do escoamento sejam o mais estável possível. Deve-se evitar a localização das captações em curvas ou pontos onde exista muita turbulência pois nesses pontos há muito material arrastado. No caso de se ter que localizar captação em pontos onde o ria/riacho faz curvas, deve-se procurar localizar as instalações de captação no lado convexo da curva conforme ilustrado na figura 4.9(g). Este tipo de captação deve ser localizado à montante de zonas habitadas para minimizar a contaminação devendo ainda ser mantidas submersas durante todo o ano. Se necessário pode-se construir uma represa ou barragem submersa de modo a elevar o nível de água e assegurar o escoamento necessário

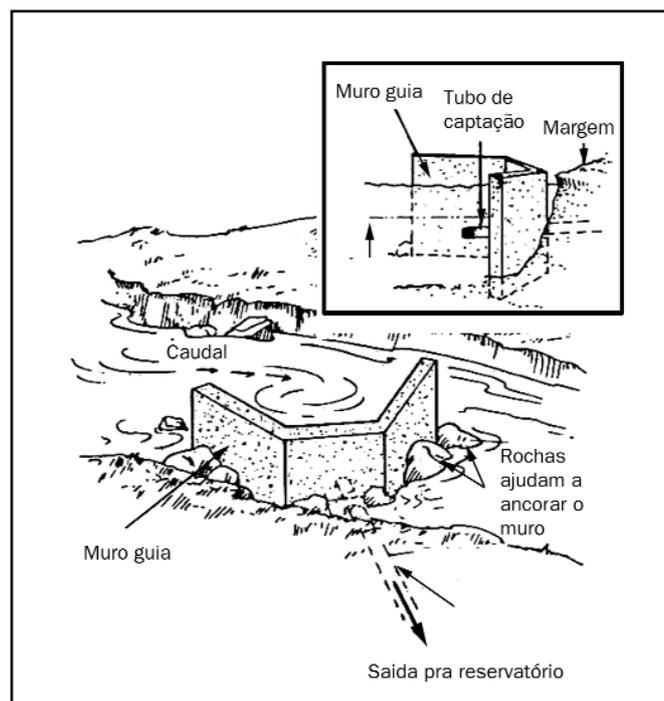



Figura 4.9(g): Captação directa através de um rio ou riacho.

Para o caso de rios ou riachos fundos e onde o escoamento se processa com velocidades elevadas , a captação pode ser instalada numa toma de água em betão, ligada à margem por meio de uma ponte pedestre (Fig. 4.9(h)).A captação é ligada a uma bomba mecânica. Este tipo de captação é no geral de difícil construção, operação e manutenção, sendo ainda dispendiosas na construção O&M e exigir mão de obra qualificado para a sua construção.

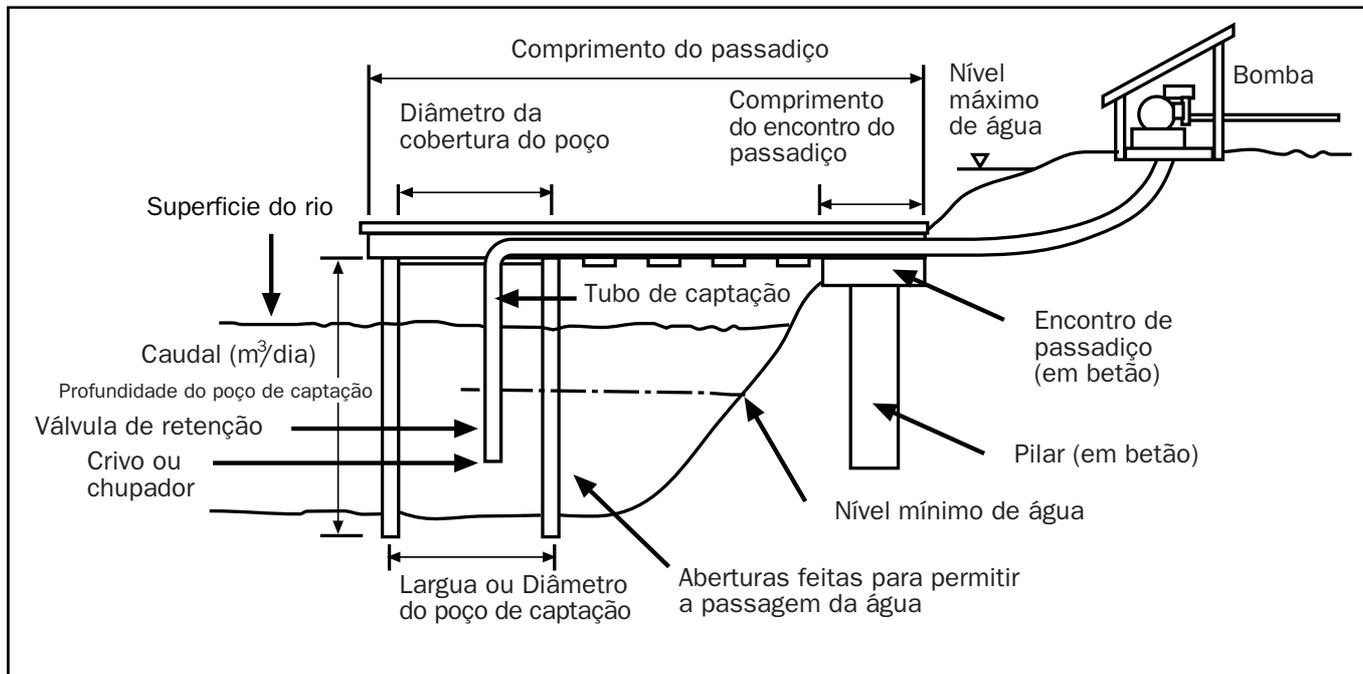



Figura 4.9(h): Sistemas de Captação directa para escoamento em rios perenes.

4.5.2 Construção

Há vários tipos de projectos possíveis de captações superficiais, o que torna difícil (senão impossível) a sua padronização. Para cada caso específico, o processo de construção será determinado com base em documentos de construção que deverão incluir:

i) Desenhos e Especificações

- Estrutura de captação;
- Estação de bombagem;
- Trabalhos de tubagem;
- Equipamento mecânico;
- Equipamento eléctrico.

ii) Mapa de quantidades, cobrindo os seguinte trabalhos :

- Movimento de terras;
- Construção de estruturas de betão;
- Equipamento mecânico a fornecer e instalar;
- Equipamento eléctrico a fornecer e instalar.
- Especificações de instalação, etc.

A execução prática deste tipo de obras é geralmente complicada, e exige o envolvimento de empreiteiros qualificados com equipamento adequado para a execução dos trabalhos.

4.5.3 Operação e Manutenção

As exigências relativas à operação e manutenção de sistemas de captação de águas superficiais variam de caso para caso no entanto , incluir dentre outros, os seguintes aspectos:

- Limpeza dos crivos de entrada (se existirem);
- Remoção de depósitos causadores de obstrução e assoreamento das estruturas de captação;
- Limpeza das caixas de inspecção;
- Manutenção de portões e cercas;
- Limpeza da área circunvizinha.

4.5.4 Estimativa de custos

A estimativa de custos indicada no quadro que se segue é válida somente para a fonte de água. A estimativa do custo final variará de caso para caso podenso essa variação ser bastante significativa. A estimativa dos custos inerentes aos equipamentos de bombagem é discutida no parágrafo 6.

Custo	Valor - $
Custo Capital (US $)	$15 000+
Custo de Operação (US / por ano)	$0
Custo de Manutenção (US / por ano)	$0 – se a mesma for atribuída a um comité de água

(Esta tabela de custos foi elaborada com base nos preços de 2003 devendo por isso ser actualizada para cenários posteriores à 2003.)

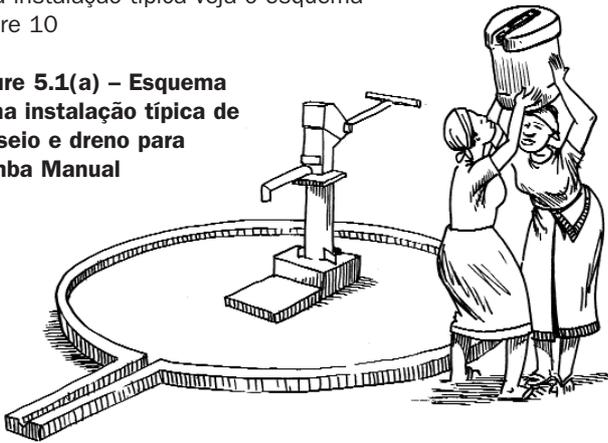
4.5.5 Lista para verificação da implementação

Vide anexo 4

5. CONSTRUÇÃO DE CAPTAÇÕES DE ÁGUA

5.1 ESTRUTURA DO DRENO E PASSEIO

Para instalação típica veja o esquema – Figure 10

Figure 5.1(a) – Esquema duma instalação típica de passeio e dreno para Bomba Manual

5.1.1 Considerações no Projecto

Seria uma vantagem standartizar o atë onde for possível no projecto duma fonte de água. De seguida apresenta-se as considerações principais:

- Deve evitar-se que a superfície serja escorregadia
- A água em excesso deve ser drenada de tal maneira que não cause impactos secundários, tais como, proliferação de inséctos, poluição etc.
- A base de apoio do recepientes deve colocada de forma a facilitar o seu carregamento uma vez cheios.
- A manivela deve ser colocada de tal forma que seja manuseável também por crianças, que de vez em quando tem a responsabilidade de buscar água.
- A fonte de água (poço/furo) deve ter um selo sanitário por forma a prevenir a contaminação da água.

5.1.2 Construção do Dreno e Passeio

i) Materiais de Ferramentas

- Picarecta e Pá
- Maço
- Betão (Cimento, areia, pedra e água)
- Instrumentos/equipamento para colocação do betão
- Blocos
- Varões (aço) para armadura
- Roupa de protecção ex. Capacete, botas e macacão

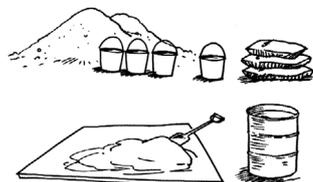
ii) Conhecimentos necessaries

Os conhecimentos mínimos necessaries para a realização destes trabalhos são os seguintes:

- Mistura e colocação básica de betão
- Fixação e colocação de armadura
- Colocação de blocos e reboco

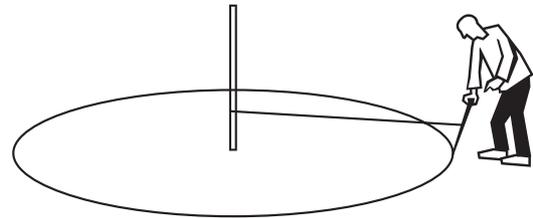
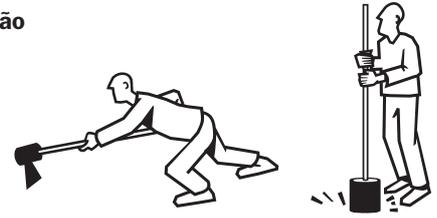
iii) Etapas na construção

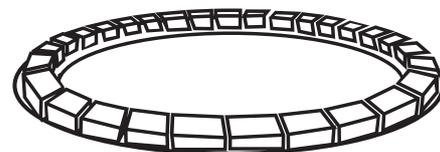
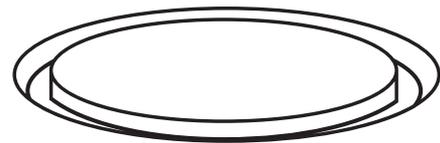
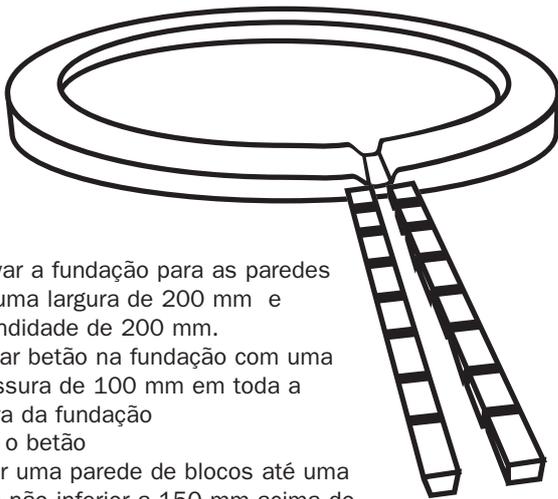
Etapa 1 : Preperação para construção

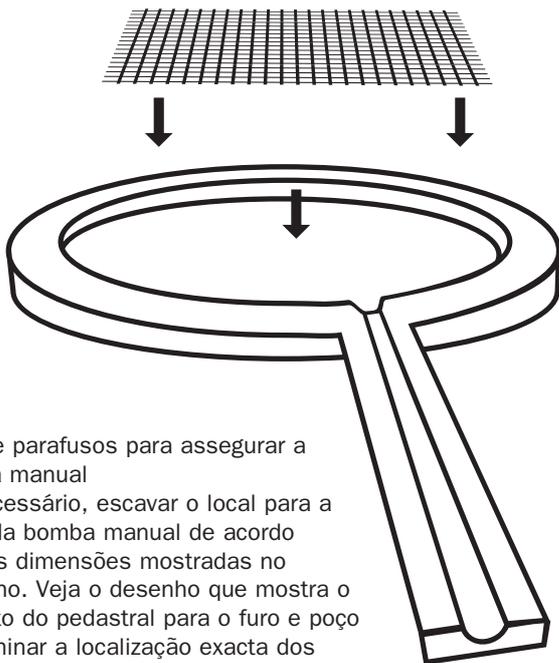
- Obter do agente técnico os desenhos do projecto e especificações
- Obter as ferramentas para o processo de construção
- Obter os materiais necessários para a construção

Etapa 2 : Preparação do local

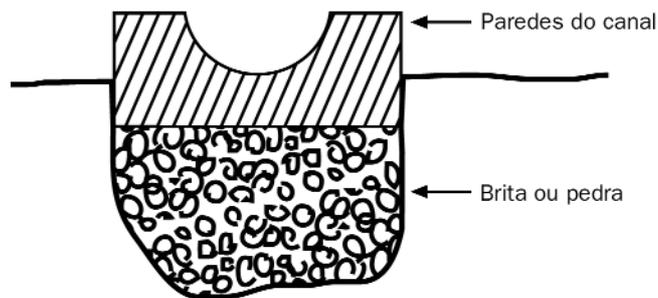
- Limpeza/desmatação do local e retirada do solo vegetal
- Remoção de todo material inadequado para a ex. argila, encher tais locais com material adequado.
- Compactar, usando maço, o local onde sera colocado o betão.

Etapa 3 : Implantação

- Estabelecer o centro da area circular. Pregar uma banderola e com recurso a um arrame com um anel na banderola definir a posição da fundação, no bordo exterior
- Demarcar a posição externa da paredes laterais e a posição da paredes do canal de descarga com recurso ao arame e banderoila.
- Assegurar-se que a orientação da estrutura de drenagem e tal que esta tem uma pendente para o lado de menor cota na zona segundo o declive natural.

Etapa 4: Construção das paredes do passeio

- Nivelar a area de construção. A construção nuca deverá ser feita, em locais que tenham sido aterrados
- Escavar a fundação para as paredes com largura de 300 mm e 200 mm de profundidade
- Colocar betão na fundação com uma espessura de 100 mm em toda a largura da fundação
- Curar o betão
- Erguer uma parede de blocos até uma altura não inferior a 200 mm acima do nível do terreno.
- No caso de serem usados blocos vasados enchê-los com betão
- Rebocar ambos os lados da parede com argamassa de espessura de 12 mm

Etapa 5: Construir as paredes do canal de drenagem

- Escavar a fundação para as paredes com uma largura de 200 mm e profundidade de 200 mm.
- Colocar betão na fundação com uma espessura de 100 mm em toda a largura da fundação
- Curar o betão
- Erguer uma parede de blocos até uma altura não inferior a 150 mm acima do nível do terreno
- No caso de serem usados blocos vasados enchê-los com betão
- Rebocar as paredes

Etapa 6 : Colocação do betão para o passeio e canal de drenagem

- Base e parafusos para assegurar a bomba manual
- Se necessário, escavar o local para a base da bomba manual de acordo com as dimensões mostradas no desenho. Veja o desenho que mostra o projecto do pedastral para o furo e poço
- Determinar a localização exacta dos parafusos e fize-os os mais seguro possível por forma a que não sejam movimentados no momento de colocação do cimento
- Montar moldes se necessário para a colocação do betão
- Colocar o betão e curar
- Placa do passeio e dreno
- Estabelecer os níveis do betão em diferentes pontos para garantir o declive the 2% na direcção do canal de drenagem
- Colocar armadura de acordo com os desenhos
- Colocar betão usando as paredes laterais como limites
- Usando uma tábua de madeira nivelar o betão evite que a superfície seja muito lisa para prevenir riscos de escorregamento quando estiver molhada

Etapa 7: Construção do dreno

- No fim do canal de descarga escavar um buraco de dimensões como as mostradas no desenho
- Encher o buraco com pedra como mostra o desenho

5.1.3 Avaliação de custos

Os custos que se mostram abaixo referem-se somente ao passeio. Veja o parágrafo 4 para os custos associados com a construção da fonte e parágrafo 6 para os custos associados com o mecanismo de captação de água (bomba).

Item	Custo - $
Custos de Investimento	
Custos de Operação	
Custos de Manutenção	

(estes custos são calculados com referência ao ano de 2003, deverão ser ajustados para os anos subsequentes a 2003).

5.1.4 Operação e Manutenção

Veja capítulo 4

5.1.5 Lista de verificação da implementação

Refira-se ao anexo 4.

6. EQUIPAMENTO DE ELEVAÇÁO

Existe uma grande variedade de equipamentos de elevação de água para os quais a força motriz é a força humana (bombas manuais), a energia solar, a energia do vento, a energia eléctrica e a de combustão (diesel, gasolina etc.).

A escolha de determinado equipamento de elevação para determinada aplicação deve   tomar em consideração, dentre outros factores, os seguinte :

- O caudal a bombear
- A altura de elevação a vencer
- A fonte de energia disponível

Grosso modo, o dimensionamento de estações elevatórias exige o conhecimento atempado da informação resumida no quadro a seguir .

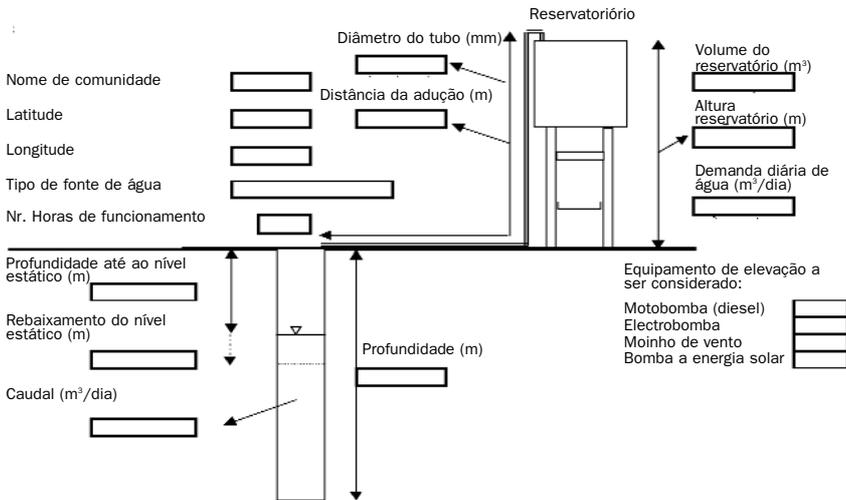



Figura 6.1

6.1 INSTALAÇÃO DE BOMBAS MANUAIS

6.1.1 Considerações de Projecto

O projecto de instalação de bombas manuais deve tomar em consideração os seguinte aspectos :

- A bomba manual deve ser instalada de modo a que o fundo da tubagem de aspiração (tubo de coluna) esteja no mínimo 3 metros acima do fundo do furo.
- O cilindro da bomba deve ser posicionado à pelo menos 6 metros abaixo do nível dinâmico
- A selecção e instalação de bombas manuais deve ser precedida da avaliação e/ou definição dos seguintes aspectos relacionados com a fonte:

- A produtividade do furo
- O nível dinâmico
- O numero previsto de utentes da fonte

- A selecção e instalação de bombas manuais deve ser precedida da elaboração de especificações técnicas e disposições construtivas que incluam detalhes técnicos referentes à(s) fonte(s) (furo ou poço) e ao equipamento de elevação que se pretende instalar. A lista resumida dos dados à incluir nas especificações, é conforme indicada em seguida:

Dados relativos à fonte (furo ou poço) à constar nas especificações técnicas

- Localização do furo
- Diâmetro do revestimento
- Comprimento do revestimento
- Material usado no revestimento
- Profundidade do furo
- Nível estático (actual e na estação seca)
- Produtividade do furo
- Nível dinâmico
- Curva de rebaixamento durante o ensaio de caudal

Dados relativos ao equipamento de elevação

- Tipo de bomba manual
- Características de elevação (caudal e altura de elevação)
- Tipo de base para assentamento da bomba. Referência à figura 6.2 onde são ilustrados alguns exemplos bases para assentamento de bombas manuais. Note que as características relativas às bases de assentamento das bombas devem fazer parte do dimensionamento e construção da sobre-estrutura da fonte (passeio e maciço de apoio dos bidões) uma vez que a fundação do maciço da bomba tem que ser construída durante a construção do passeio.

- As características de rendimento do referido equipamento. Consulte-se quadro a seguir para detalhes sobre características de rendimento de bombas manuais.

Quadro-resumo com características de Rendimento de bombas Manuais:

Tipo de Bomba	**Rendimento esperado (_/minuto) para a gama de profundidades indicadas**					
	5m	10m	15m	20m	25m	30m
Afridev			26	20	18	15	12
NIRA AFD85		40	26	20			
NIRA AFD85		34	22	17	15		

N.B: Tenha em atenção que a bomba Afridev- normal tem limitações funcionais para profundidades maiores que 45 m. Em furos com profundidade maior, é recomendável o uso de bombas Afridev com suporte de base (Bottom support na designação Inglesa, também designadas bombas com pedestal). Estas podem ser usadas em furos com profundidades que vão até aos 90 metros.

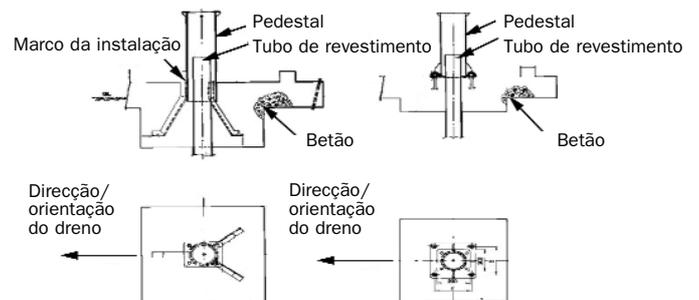



Figura 6.2 Exemplos -tipo de bases para assentamento de bombas manuais

6.1.2 Instalação

i) Considerações relativas à segurança no trabalho

IMPORTANTE

- Em situações onde a instalação de bombas manuais esteja a ser executada perto de poços não protegidos, deve-se tomar cuidados especiais de modo a evitar acidentes de trabalho designadamente a queda de homens ou equipamento para dentro dos poços.
- Cuidados especiais devem também ser tomados para que o equipamento de instalação das bombas não constitua perigo aos trabalhadores envolvidos em trabalhos simultâneos de escavação de poços e/ou de conclusão de outros trabalhos ligados à construção da fonte.
- Todo o pessoal envolvido nos trabalhos de instalação das bombas deve estar devidamente equipado, designadamente com capacete, botas e fardamento. A obrigatoriedade de uso de capacete e botas no local de trabalho deve ser devidamente anunciada através de quadros afixados em pontos bem visíveis no local da obra.
- Todo o pessoal envolvido nos trabalhos de construção das fontes (abertura da(s) fonte e instalação de bombas), deve estar devidamente treinado para a correcta operação do(s) equipamento(s) em uso, devendo também estar informados sobre os perigos associados ao uso do mesmo.
- Medidas apropriadas devem ser tomadas para evitar a circulação, na área de trabalho de pessoas estranhas às equipas de trabalho e de animas.
- Toda a cabelagem guinchos etc., deve ser inspeccionada diariamente para a eventualidade de ocorrência de desgaste. Caso exista, os elementos afectados devem ser substituídos imediatamente.

ii) Procedimentos para a Instalação de bombas manuais

A lista de procedimentos discutida em seguida foi extraída do Manual de Instalação e Manutenção de Bombas Afridev, compilado pelo Swiss Centre for Development Cooperation in Technology Management (SKAT).

Passo 1 : Determine as necessidades em materiais, tendo em atenção o seguinte:

- Que o cilindro da bomba deve ser posicionado entre 6-10 m abaixo do nível dinâmico previsto para a estação seca.
- O fundo da tubagem de aspiração (tubo de coluna) deve ser posicionado pelo menos 3 metros acima do fundo do furo.
- Conhecendo a profundidade do furo e os níveis dinâmico e estático no mesmo, determine a extensão total da tubagem de recalque e a quantidade total de tubos de coluna.
- Determine a quantidade necessária de centralizadores com base no número de tubos de coluna calculado anteriormente. O número total de centralizadores é igual ao número de tubos de coluna +1.
- Determine o número necessário de varetas da bomba. Este é igual ao número de tubos de coluna calculado anteriormente.
- Calcule a extensão total da corda de Nylon. Esta é determinada como sendo o dobro da extensão total da tubagem de recalque mais 10 m.

Passo 2 : Construção do Maciço da bomba

- O maciço de assentamento da bomba deve ser construído com a máxima verticalidade possível pois só assim se pode assegurar a verticalidade da bomba após a sua instalação. Recomenda-se o uso de um nível de água para controlar a verticalidade do maciço da bomba.

Passo 3 : Colagem dos tubos de Coluna (refira-se as figuras 6.3(a) e 6.3(b))

Para se garantir uma ligação perfeita entre os tubos de coluna, é importante observar os seguinte procedimentos de colagem dos mesmos:

- Marcar a zona de sobreposição dos tubos em ambas extremidades (extremidade lisa e extremidade em mancal) dos tubos que se pretende ligar. A profundidade recomendada para a zona de sobreposição é de 115 mm (ver figura 6.3.a).

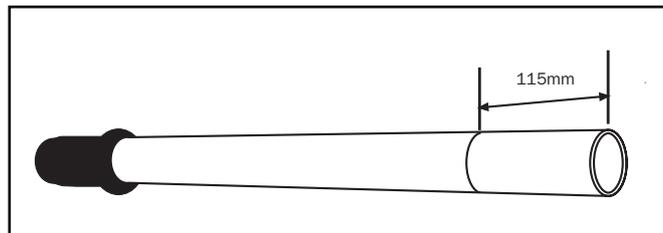



Figure 6.3(a)

- Caso não tenha já sido feito pelo fabricante, faça uma pequeno abavlamento chamfer com cerca de 15 graus nas extremidades lisas de cada um dos tubos que pretende ligar.
- Use o líquido lubrificante para limpar as extremidades que se pretende ligar designadamente a parte exterior da extremidade lisa e a parte interior da extremidade em mancal.
- Prepare a zona de sobreposição localizada na extremidade lisa dos tubos que se pretende ligar, raspando-a com papel de lixa apropriado (ver figura 6.3.b). Note que este tratamento, destina-se a melhorar a aderência dos tubos após aplicação da cola. Este tratamento deve no entanto ser feito sem prejudicar as características resistentes do tubo daí ser importante que se evite raspar excessivamente.
- Após raspar, limpe novamente as superfícies que pretende ligar, usando o líquido lubrificante.
- Misture o solvente seguindo estritamente as recomendações do fabricante.
- Aplique o solvente às superfícies preparadas nos passos anteriores respeitando os limites impostos em termos de extensão da zona de sobreposição. Note que a aplicação excessiva de solvente pode reduzir a resistência dos tubos daí ter que ser evitada.
- Logo após a aplicação do solvente, insira a extremidade lisa de um dos tubos à extremidade em mancal do outro tubo. Insira os tubos numa única direcção evitando torcer.
- Limpe o excesso de solvente usando um pano seco.

Passo 4: Montagem dos tubos de coluna e da tubagem de recalque. (Refira-se às figuras 6.4(c) à 6.4(j))

- Ajuste os centralizadores ao cilindro e à tubagem de sucção.
- Cole o cilindro à tubagem de sucção.
- Amarre a corda de Nylon através dos coleres existentes na tubagem de sucção e faça dois Nós em cada um dos lados dos coleres (ver figura 6.4c).
- Cole o primeiro tubo de recalque à cabeça do cilindro.
- Continue o processo de colagem de dos tubos de recalque enquanto mantém a coluna suspensa através da corda de Nylon. Para facilitar o processo e evitar riscos de escorregamento da coluna dos tubos, a corda pode ser amarrada à parte superior do revestimento do furo.
- Assegure que cada um dos tubos de coluna inseridos, é

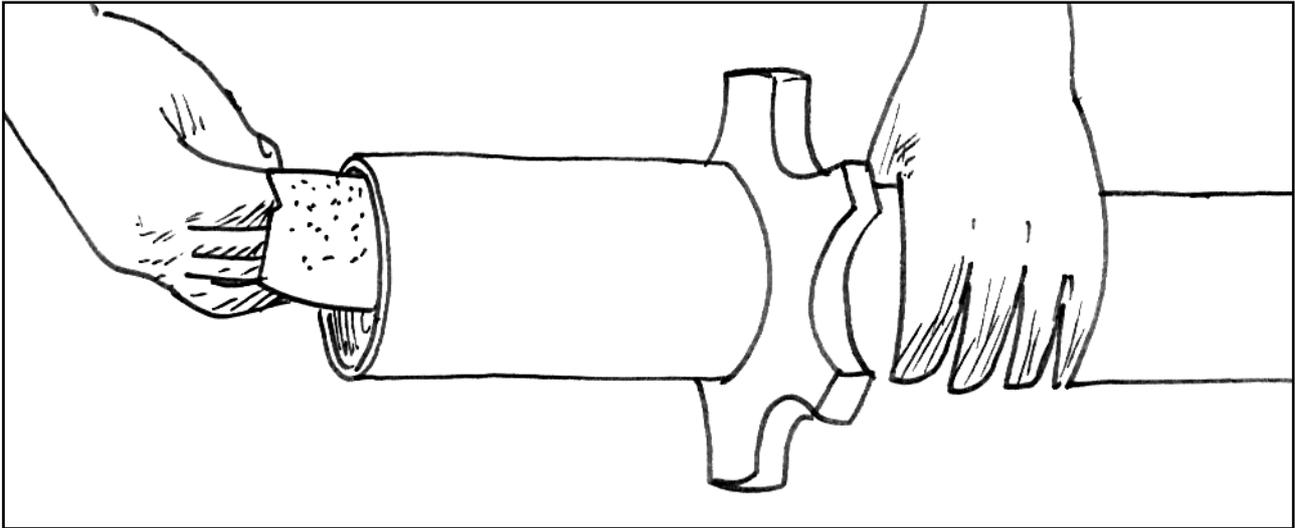



Figura 6.3(b)

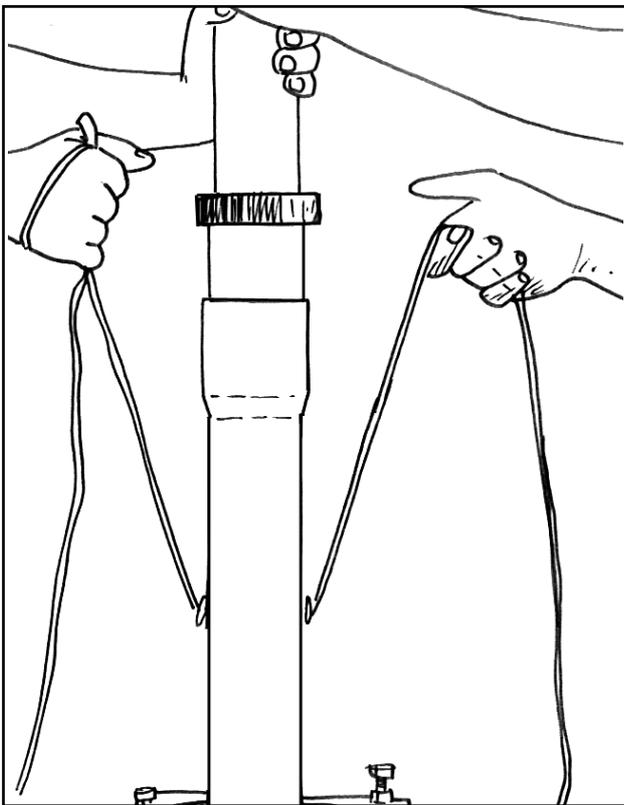
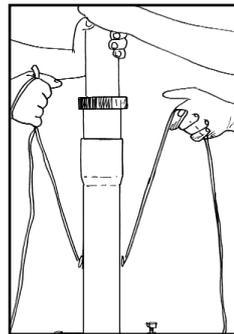



Figura 6.4(e)

Figura 6.4(c)

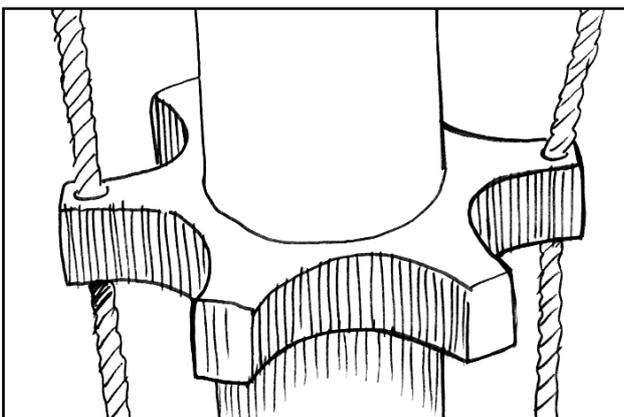
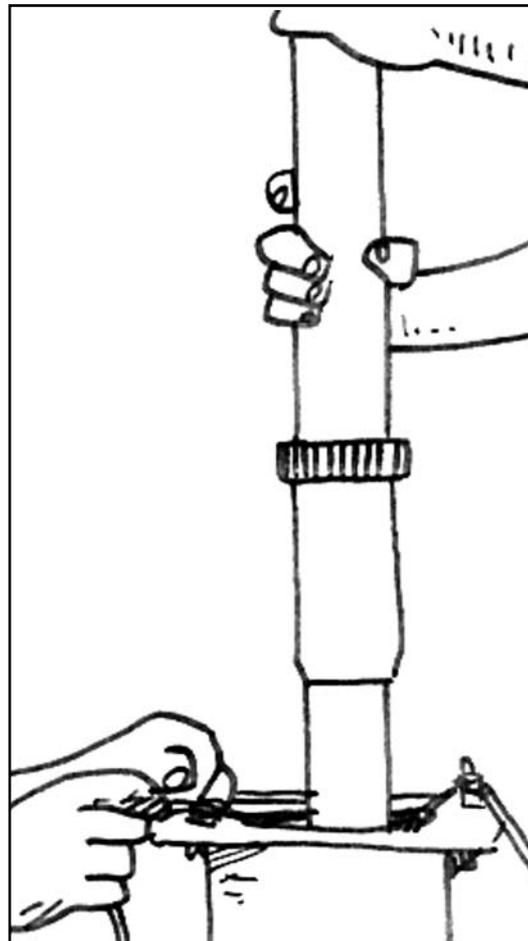



Figura 6.4(d)

Figura 6.4(f)

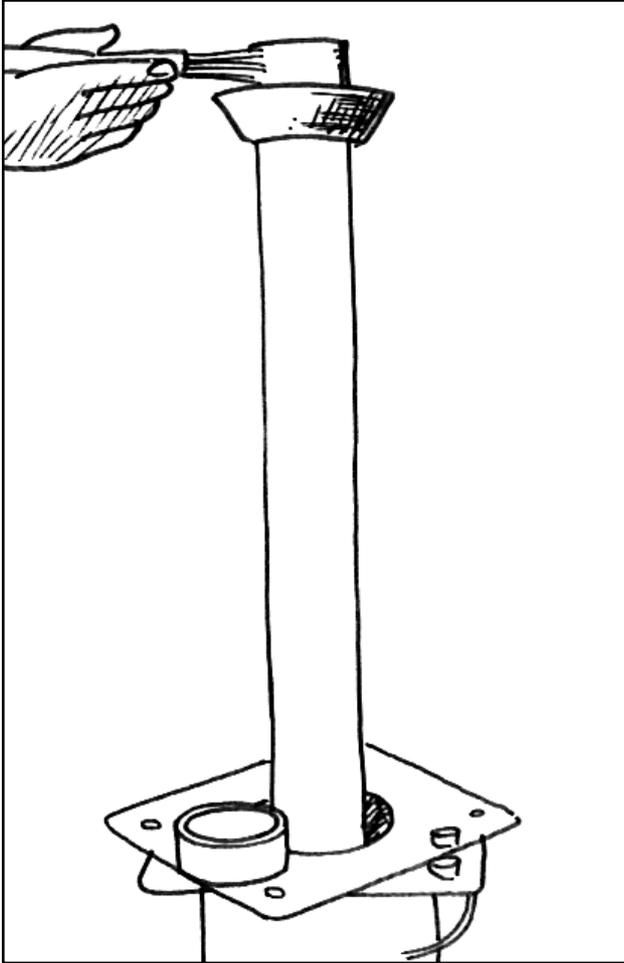



Figura 6.4(g)

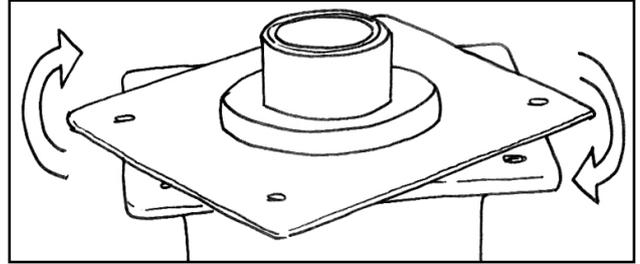



Figure 6.4(i)

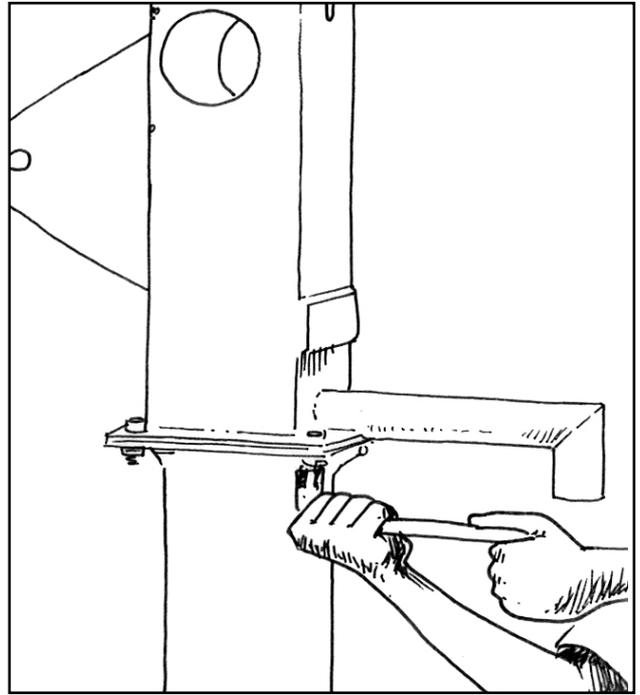



Figura 6.4(j)

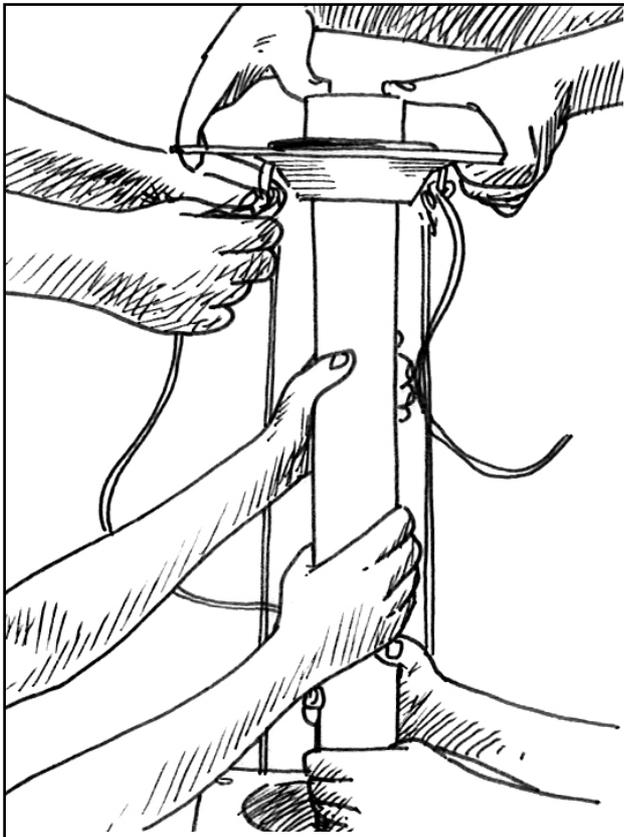



Figura 6.4(h)

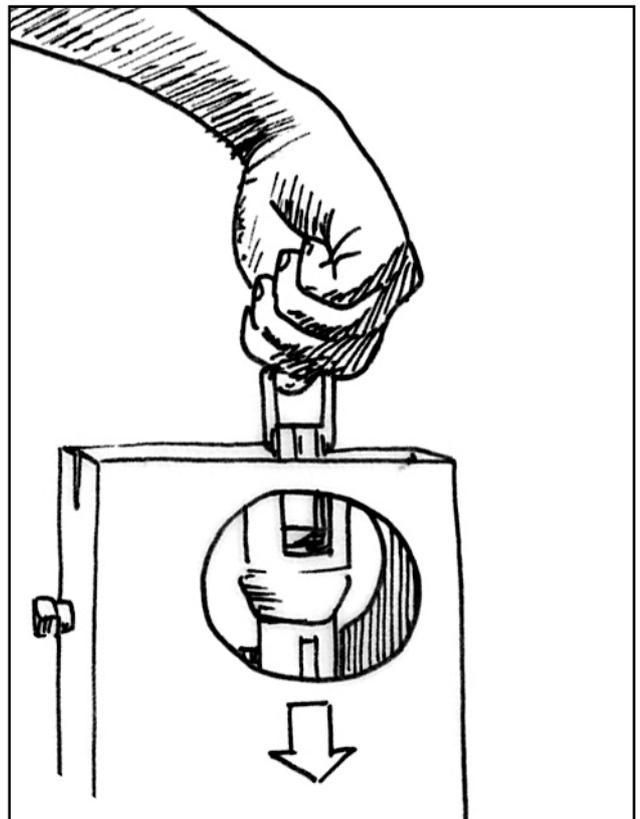



Figura 6.4(k)

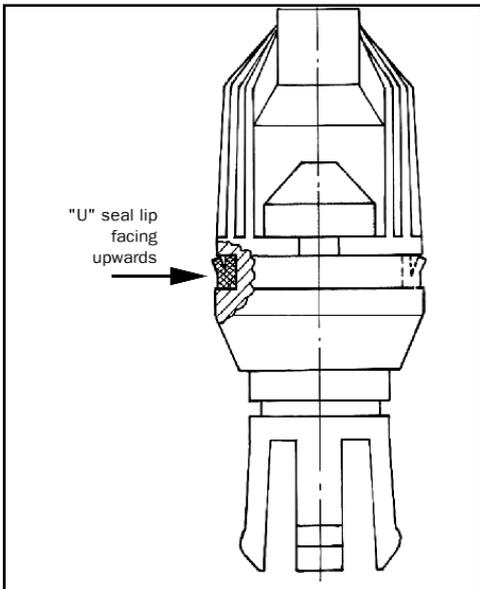



Figura 6.4(l)

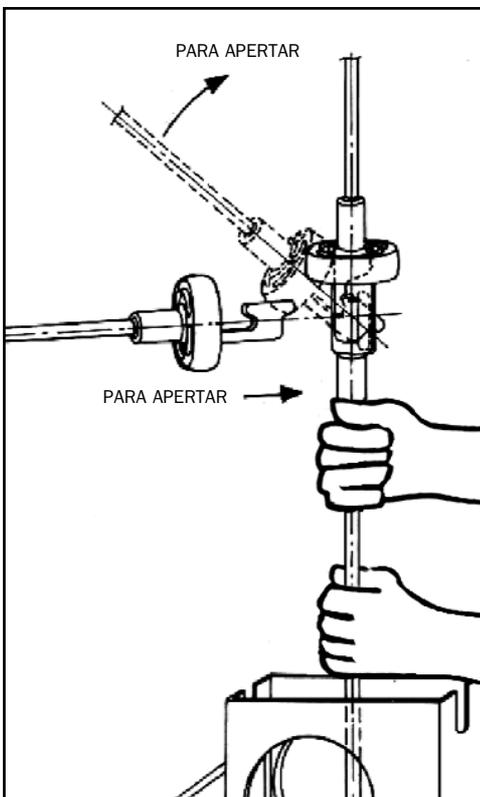



Figura 6.4(m)

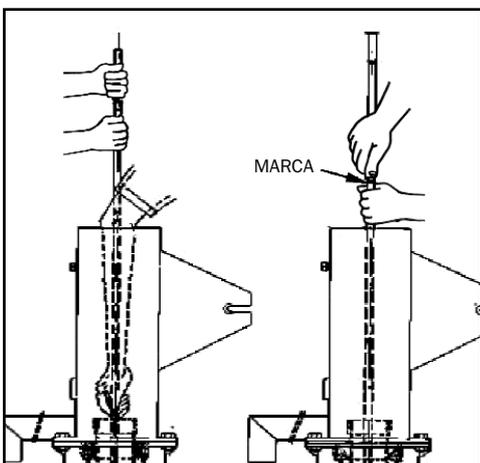



Figura 6.4(n)

Figura 6.4(o)

Figura 6.4(p)

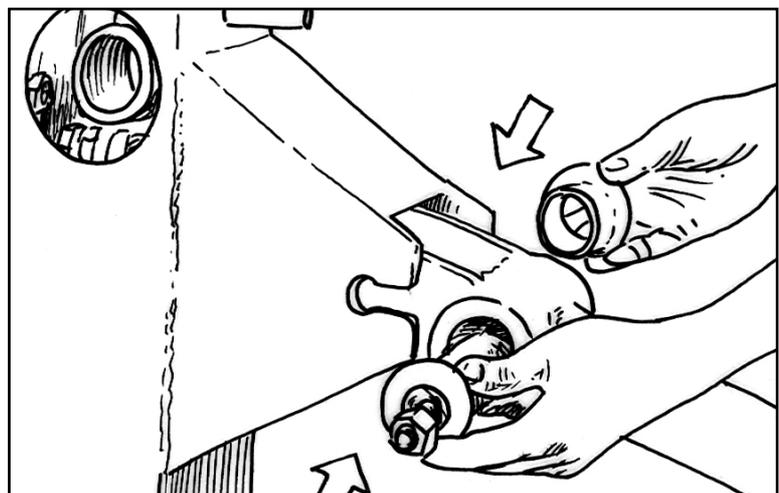
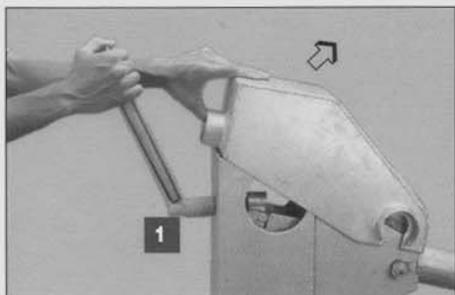
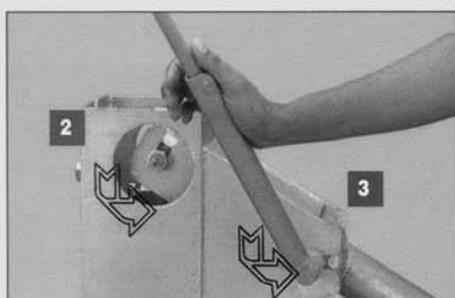
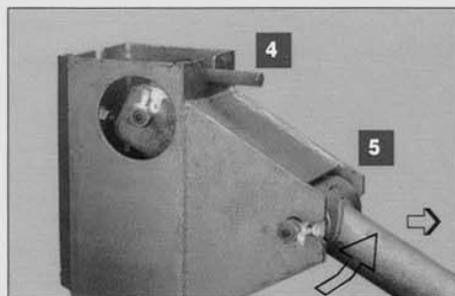
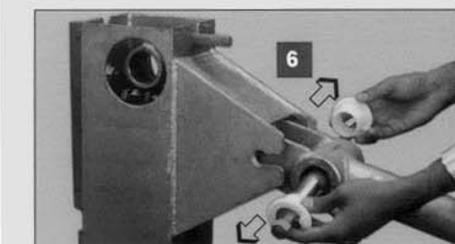



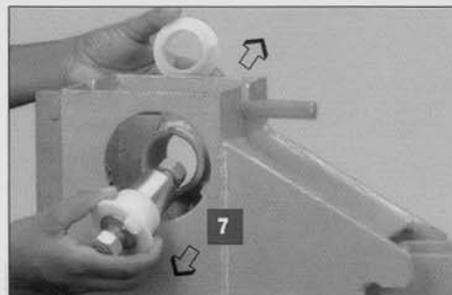
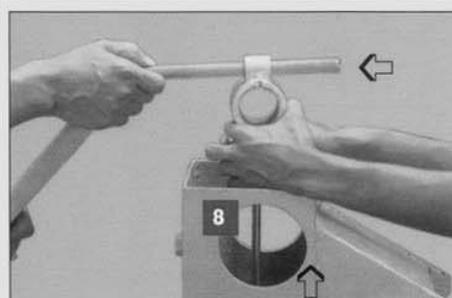
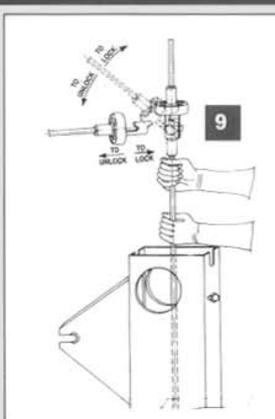
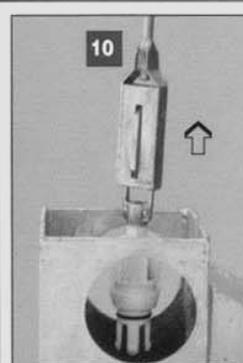
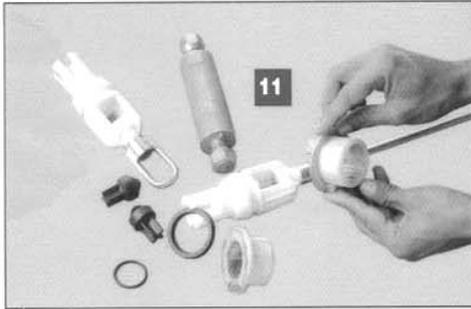
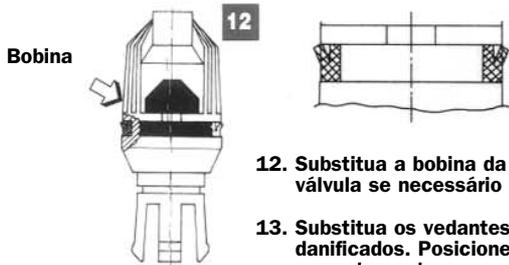
Figura 6.4(q)

QUADRO DE MANUTENÇÃO DE BOMBA MANUAL AFRIDEV

1. Desaperte o parafuso da tampa da cabeça da bomba e retire a tampa

2. Desaperte todos os parafusos da biela
3. Desaperte todos os parafusos da cavilha da alavanca

4. Desaperte todos os parafusos da cavilha da alavanca
5. Levante e retire a alavanca

6. Remova os casquilhos da cavilha

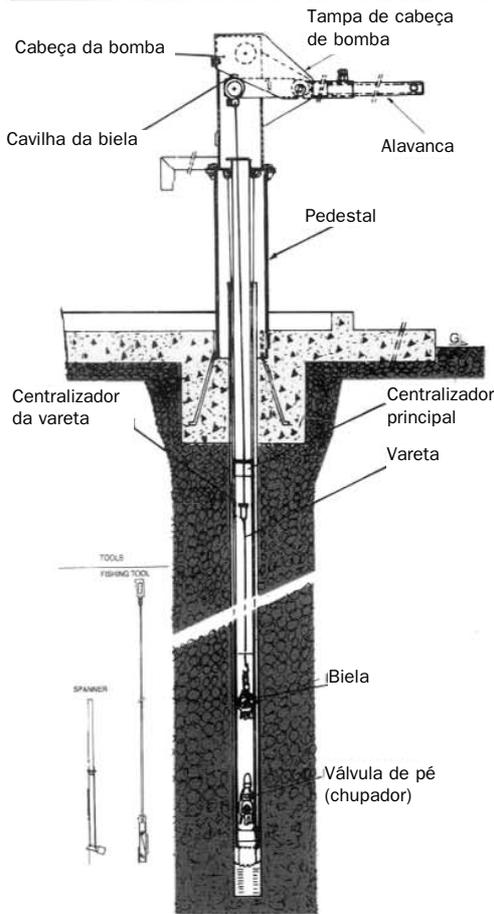
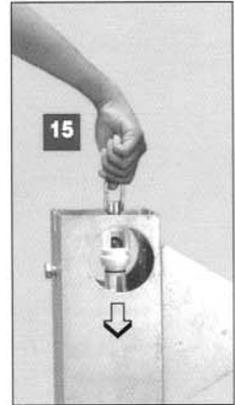
Verifique o grau de aperto da cavilha da biela, pelo menos uma vez por semana reaperte se necessário.

Para se assegurar uma vida útil prolongada da bomba manual a manutenção de rotina deve ser feita pelo menos vez por ano.

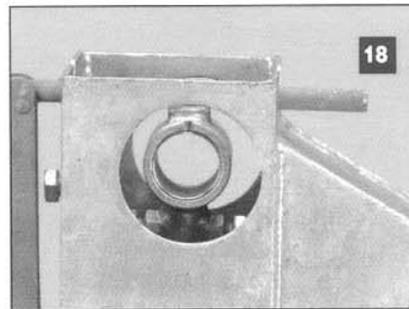
Todas as varetas e centralizadores devem ser lavados antes da instalação e substituição.

Para assegurar que as peças pequenas se mantêm limpas durante trabalhos de manutenção/ reparação, guarde-as na tampa da cabeça da bomba enquanto realiza os trabalhos em questão.

7. Remova os casquilhos da biela

8. Levante a cavilha da biela, em conjunto com a vareta superior. Retire chave de parafusos

9. Retire as varetas e biela. Gire em cerca de 90° para desprender o olhal.

10. Ligue as varetas à vareta de pesca e baixe o conjunto por furna poder pescar a válvula de pé.

11. Examine os componentes para identificar sinais desgaste

Bobina

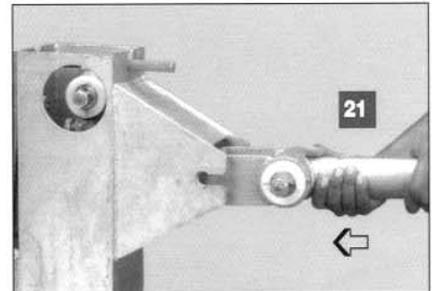
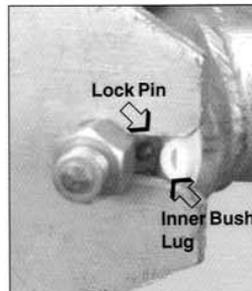
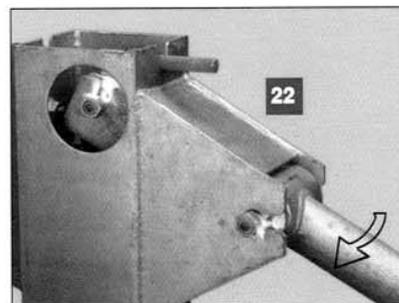
12. Substitua a bobina da válvula se necessário

13. Substitua os vedantes danificados. Posicione correctamente a manga do vedante

14. Substituta a bobina velha e o anel "o" da válvula de pé

15. Insira manualmente a válvula de pé para dentro do tubo de colona e deixe cair até ao fundo do furo

16. Coloque de novo o pistão na vereta da bomba e introduza de novo todas as varetas

17. Empurre suavemente as varetas por forma a encaixar o pistão. E assegura-se de que o pistão ancaixa perfeitamente nas varetas

18. Após inserir todas as varetas, apoie a biela sobre a cabeça da bomba usando a chave de parafusos

19. Monte de novo a biela e respectivas cavilhas (veja 7)

20. Monte de novo a cavilha da alavanca (veja 6)

21. Monte de novo a alavanca da bomba. Primeiro posione a avalanca horizontalmente e verifique se a porca de angate e os parafusos estão posicionados correctamente

22. Baixe soavemente a alavanca. Assegure-se de que os parafusos da biela e das cavilhas estão posicionados nas repectivas aberturas

23. Retire a chave de parafusos e aperte todas as porcas

24. Coloque de novo a tampa da cabeça da bomba e aperte a respectiva porca

25. Teste a bomba e faça a entrega se o trabalho tiver sido bem concluído

26. Registe os trabalhos feitos no livro ou caderneta de manutenção

equipado com o respectivo estabilizador e que a corda de nylon é atravessada através dos orifícios existentes em cada estabilizador (ver figura 6.4.d).
- Por forma a assegurar uma boa resistência na zona de ligação dos tubos, aguarde pelo menos 5 minutos entre a execução de juntas consecutivas.
- Repetir os passos anteriores até ter o ultimo tubo de coluna montado.
- Insira os dois cones (o cone metálico primeiro e o cone de borracha depois) pela extremidade superior do tubo de coluna (ver figura 6.4.g).
- Fixe através de colagem, o colar pvc superior à parte superior do tubo de coluna (ver figura 6.4.i).
- Amarre a corda de nylon, à base do cone metálico e baixe o conjunto até a base.
- Monte a cabeça da bomba

Passo 5 : Instalação dos componentes do cilindro e montagem da cabeça da bomba (Refira-se às figuras 6.4(k) à 6.4(q))

- Insira os centralizadores das varetas em cada um dos ganchos das mesmas.
- Introduza todo a válvula de pé (ver figura 6.4.K) para dentro do tubo de coluna, deixando-o cair até ao fundo deste.
- Baixe a vareta (plunger) conjunto com o plunger assembly. Assegure que o anel-O seja inserido com o groove virado para cima (ver figura 6.4m). Introduza a primeira vareta da bomba através do eye of the top end of the plunger. Gire o hook 90 graus e depois novamente para cima de modo a ficar na posição.
- Conecte sucessivamente as varetas da bomba introduzindo-as para dentro do tubo de coluna e baixando o conjunto até que o plunger assente sobre a válvula de pé.
- Pressione a válvula de pé com o plunger por forma a mesma se ajuste à posição correcta no consolve receiver.
- Corte a última vareta por forma a que a sua extremidade superior fique nivelada com a parte superior do tubo de coluna (ver figura 6.4n). Para o efeito, prenda a última vareta ao nível da parte superior do tubo de coluna, faça uma marca e corte a vareta à esse nível.
- Coloque o rod hanger e aperte as varetas (ver figura 6.4.o).
- Monte a alavanca da bomba inclusive casquilhos e ligue-o à vareta superior apertando devidamente os respectivos parafusos e porcas (ver figura 6.4.p).
- Monte a cabeça da bomba (ver figura 6.4.q)
- Faça a inspecção final verificando o seguinte:
  – Se todos os parafusos e porcas estão colocados e bem apertados.
  – Se a bomba não é pesada quando operada. Lembre-se que os utentes (inclusive crianças) não devem ter que fazer muito esforço para mover a alavanca.
  – Se o caudal bombeado é no mínimo de 16 litros em 40 movimentos da manivela.

6.1.3 Operação e Manutenção (vide também quadro das figuras 6.4(a) & 6.4(b))

inspecções semanais

- Verifique se os parafusos e porcas da flange estão firmemente apertados. Re-aperte se necessário.
- Verifique se o fulcrum e as porcas do rod hanger estão devidamente apertados. Reaperte se necessário.

Inspecções trimestrais

- Verifique o lateral play da manivela de bombagem. Se a manivela estiver quase a tocar as paredes da cabeça da bomba, substitua os bearings.
- Investigue a existência de ruído anormal durante a operação da bomba e tome as devidas medidas correctivas se necessário.
- Verifique o estado dos parafusos de fixação. Se a bomba estremece durante a operação, então os parafusos precisam de reaperto. Faça-o com a maior brevidade possível.
- Verifique se todos os fasteners da bomba estão no lugar. Substitua os componentes que estiverem em falta.
- Verifique a existência de perdas na tubagem de recalque. Para o efeito, verifique se são necessárias mais de 5 manipuladas para que a água comece a sair pela torneira da bomba. Se for esse o caso, então existem perdas na tubagem de recalque o que pode ser confirmado pela execução do seguinte:
- Opere a manivela da bomba até conseguir fazer sair água pela torneira.
- Coloque um recipiente na saída da bomba e bombeie 40 vezes durante cerca de um minuto.
- Deixe a bomba em repouso durante cerca de 30 minutos
- Coloque novamente um recipiente na saída da bomba e bombeie 40 vezes durante cerca de um minuto.
- Compare a diferença nos volumes de água obtidos durante o 1º e 2º enchimentos. A diferença corresponde ao volume de água que se perde na tubagem de recalque. Se o volume de perdas tornar-se elevado os seals devem ser substituídos numa operação que é o oposto da operação de montagem/instalação da bomba.

Manutenção periódica (grandes reparações).

- Neste tipo de intervenções, estão inclusas actividades como a substituição de tubos de coluna ou a pesca de componentes da bomba que por acidentem tenham caído para o fundo do furo. Este tipo de intervenções deve ser executa por técnicos (mecânicos) qualificados os quais podem estar estacionados a nível local ou ter que ser recrutados de regiões distantes.

Para mais pormenores sobre a manutenção da bomba Afridev vide figuras 6.4(a) e 6.4(b) a seguir.

6.1.4 Estimativa de Custos

Os valores indicados no quadro à seguir, referem-se apenas aos custos da bomba manual. Os custos inerentes a abertura da fontes (poço, furo etc.) foram já discutidos no parágrafo 4 deste manual enquanto que os custos associados à construção do ponto de água (passeio, maciços, drenos etc.) foram discutidos no parágrafo 5.

Tipo de Custo	Valor em - $
Investimento capital (US $)	$1500
Custos de operação (US $/ano)	$0
Custos de Manutenção (US $/ano)	$100

(Os valores indicados no quadro anterior são baseados nos custos praticados em 2003. os mesmos devem ser ajustados para períodos posteriores à 2003.)

6.1.5 Lista de verificação da implementação

Vide anexo 4.

6.2 BOMBAS SOLARES

6.2.1 Considerações de Projecto

Bombas solares são geralmente acopladas à pequenos sistemas canalizados de distribuição de água geralmente constituídos por torre elevada à qual se liga uma pequena rede de distribuição com um ou mais pontos de água (geralmente fontanários). Algumas instalações tipo baseadas em bombas solares são ilustradas à seguir :

Figura 6.5a Bomba submersível Figura 6.5b Painéis solares acoplada à energia solar

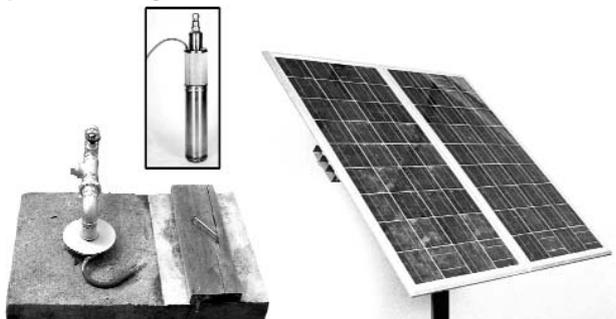
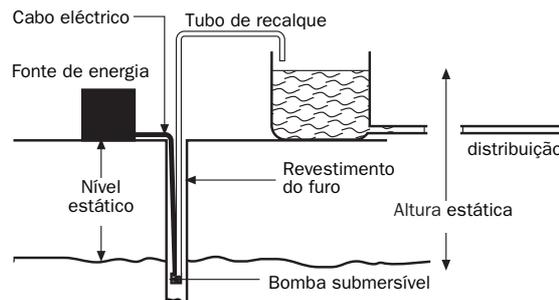



Figura 6.5c Torneira (fontanário) de um sistema accionado por energia solar

De referir que os sistemas solares só são economicamente viáveis em zonas onde a radiação solar é igual ou superior à 10MJ/m2/dia.

O primeiro passo ao se pretender projectar (fase de planificação) um sistema de bombagem solar, é a condução de um levantamento preliminar que permita recolher a seguinte informação relativa à zona onde se pretende instalar os painéis. (vide diagrama em baixo)

Fig 6.5dTorre elevada alimentada por bombas movidas à energia solar

Do ponto de vista conceptual, um sistema de bombagem solar consiste de um conjunto de painéis solares que se

ligam directamente à bombas de baixa voltagem (corrente continua) ou à bombas de corrente alternada. Neste último caso, torna-se necessária a inclusão de um conversor que transforme a corrente contínua em corrente alternada de ± 220 V AC.
Na execução prática destes sistemas, é aconselhável equipar os sistemas com um sistema de baterias destinadas a acumular energia para posterior uso em situações de emergência (p. ex.: a necessidade de bombagem à noite) ou em situações onde é preciso compensar períodos longos diurnos sem radiação solar suficiente (P.e: dias com céu nublado).

O dimensionamento de sistemas de bombagem solar requer o conhecimento da seguinte informação base:

- Nível dinâmico no furo
- Cota da superfície livre de água no ponto de chegada (geralmente torre elevada)
- Cota de imersão da bomba na fonte (furo) que se pretende explorar
- Configuração, em termos de extensão, da tubagem de recalque em planta.
- Perfil longitudinal com indicação de cotas de terreno e de projecto.

A tabela à seguir , dá uma indicação dos valores típicos de rendimento esperado em sistemas de bombagem movidos à energia solar.

Rendimento esperado de sistemas solares para bombagem de água

Elevação (m.c.a)	Caudal (l/h)	Nr. de Painéis	Caudal (l/h)	Nr. de Painéis	Caudal (l/h)	Nr. de Painéis	Cauda (l/h)	Nr. de Painéis	Potência (em watts) /Painel
10	570	2	840	3	1100	4	1350	5	60
20	570		800		1070		1330		
30	570		780		1040		1310		
40	560	2	780	3	1040	4	1250	5	80
50	520		760		1020		1230		
60	520		760		990		1180		
70	490	2	740	3	980	4	1140	5	100
80	480		740		950		1140		
90	470	2	710	3	950	4	1140	5	120
100	470		680		930		1120		
110	470	4	660	6	870	8	1090	10	80
120	450		660		850		1070		
130	420		650		850		1060		
140	420	4	640	6	830	8	1040	10	100
150	400		610		830		1020		
160	400		600		800		1000		

6.2.2 Instalação

A instalação dos sistemas de bombagem só ocorre após ter sido concluída a construção da fonte designadamente, a abertura do furo e o seu desenvolvimento e teste (ensaio de caudal, verticalidade, controle de qualidade da água). A instalação deste tipo de sistemas de bombagem, exige mão de obra especializada daí ser recomendável que a sua instalação seja adjudicada à empreiteiros especializados.

A selecção dos empreiteiros deve ser feita com base em concursos públicos os quais deverão ser antecedidos da elaboração de documentos de concurso com especificações técnicas suficientemente detalhadas para assegurar que os sistemas construídos respondam cabalmente às exigências específicas para as quais foram concebidos.

Na elaboração de especificações técnicas para este tipo de sistemas, deve-se ter em atenção a inclusão da informação resumida na Tabela 6.2 em seguida. Durante a instalação é importante que se respeitem estritamente as instruções e recomendações do fabricante do equipamento pois , qualquer desvio ao estipulado por este poderá conduzir à perda da garantia do equipamento oferecida pelo fabricante e/ou fornecedor.

Tabela 6.2 Dados à constar nas especificações técnicas referentes à instalação de sistemas solares para a bombagem de água.

1. Elementos constituintes da instalação

Módulos fotovoltáicos (painéis) e estrutura de suporte.
Motor
Bomba.
Canalização (sucção e elevação)
Equipamento de controle e regulação inclusive cabelagem.
Todas as ??????? All fixings and ancillaries necessary for complete construction and commissioning
Ferramenta e equipamentos inerentes à construção e manutenção
Peças sobressalentes
Documentação técnica (manuais, especificações, catálogos etc.)

2. Critérios de dimensionamento

As especificações técnicas devem detalhar as condições de aplicação montagem/instalação, operação e manutenção para as quais os sistemas são dimensionados.

3. Condições ambientais

As especificações técnicas devem fornecer com detalhe, as condições ambientais sob as quais os sistemas vão ser operados. Embora não se limitando apenas aos listados em seguida os aspectos de índole ambiental à incluir nas especificações técnicas são:

- Temperatura ambiental (do ar) e suas variações(máximo/mínimo)
- Velocidade do vento (valores máximo, media e mínimo)
- Temperatura da água na fonte (inclusive variações)
- Qualidade da água da fonte (conteúdo em sólidos totais dissolvidos, sedimentos, agressividade etc.)
- Prevalência de tempestades de areai na região

4. Materiais e modo de execução (instalação)

5. Referência à especificações técnicas e padrões do(s) fabricante (s)

6. Detalhes de Instalação designadamente

- A localização
- Detalhes relativos à fonte de água
- Profundidade do furo
- Profundidade do nível estático
- Profundidade do nível dinâmico
- Produtividade do furo
- Diâmetro do revestimento
- Exigências relativas à bombagem
- Altura estática de elevação (diferença entre nível de água no reservatório e o nível dinâmico no furo)
- Diâmetro da(s) conduta(s) e perdas de carga
- Detalhes relativos à reserva
- Volume
- Tipo de reserva
- Nível máximo de água no reservatório
- Rendimento da bomba solar
- Demanda de água a ser servida pelo sistema
- Dados sobre radiação solar na zona (dados mensais de preferência).

7. Necessidades em peças sobressalentes (tipo e quantidades)

8. Exigências relativas ao empacotamento e transporte aos locais de instalação.

9. Exigências relativas à documentação a ser fornecida pelo fornecedor do equipamento.

10. Exigências relativas ao tipo e quantidade de ferramentas para a instalação, operação e manutenção das instalações.

Alguns aspectos julgados importantes em todo o processo de construção/instalação de equipamento solar para a bombagem de água são discutidos em seguida.

i) Trabalho preparatório (trabalhos preliminares)

Antes de se iniciar a instalação de equipamento de bombagem à energia solar, deve-se observar, recolher e/ou verificar a seguinte informação:

- A profundidade do furo, os níveis de água (dinâmico e estático) e a profundidade de imersão das bombas. Estes dados devem ser conhecidos em detalhe.
- O tipo e características dos maciços para a montagem dos painéis solares. Estes devem ser construídos e nivelados seguindo à risca as especificações (posição, orientação dimensões) indicadas nos desenhos e documentação técnica fornecida pelo fabricante. De referir que a garantia que alguns fabricantes dão ao seu equipamento, só se torna efectiva (mesmo para situações de destruição devido à ventos fortes) caso as fundações e os maciços de assentamento dos painéis tenham sido construídos segundo as especificações do(s) próprio(s) fabricante(s).
- Todos os elementos em betão (maciços, fundação etc.) devem ser submetidos à cura adequada antes de se iniciar a instalação dos painéis solares.
- As porcas de espera (para a fixação dos painéis solares) devem ser embutidas nos maciços ou outros elementos em betão armado. Na colocação deste elementos, dever-se-á respeitar as especificações do fabricante no que se

refere às dimensões dos parafusos e porcas, espaçamento e orientação das mesmas.

i) Painéis solares

Na montagem dos painéis solares, deve-se observar o seguinte :

- Os painéis devem ser montados em zonas onde não há obstrução (por actividade humana) à radiação solar e onde os mesmos recebem o máximo da radiação registada num dia.
- Os painéis devem ser montados em áreas onde o risco de inundação, ou destruição (acidental) causada por pessoas, veículos ou animais é mínimo.
- Se na zona em questão predominam acções de vandalismo e/ou roubo, os painéis devem ser instalados em zonas vedadas (P.e: vedação com rede tubarão ou serpentina) ou de difícil acesso para a população (P.e: num poste protegido com rede serpentina).
- A instalação dos painéis deve ser feita observando estritamente as recomendações do fabricante e/ou fornecedor. Depois de concluída a instalação, deve-se verificar se os parafusos e porcas usados na fixação dos painéis estão bem apertados e se não deve-se reapertá-los.
- Toda a cabelagem, deve ser protegida contra a destruição por animais, pessoas ou veículos motorizados.

ii) Electrobombas solares

Os aspectos discutidos em seguida, são importantes para a instalação de electrobombas solares.

- Sendo electrobombas submersíveis, as mesmas deverão ser sustentadas por uma corda nylon com uma das pontas fixa à parte exterior do furo. Evite sustentar a bomba usando o cabo que alimenta a(s) bomba(s) com corrente eléctrica. Note que a corda Nylon deve também ser usada para puxar a bomba para fora do furo (durante trabalhos de manutenção p.e:)
- A(s) bomba(s) devem ser instaladas tendo em conta eventuais rebaixamentos do nível dinâmico no furo. Assim, o cabo de alimentação, a corda de sustentação assim como a tubagem de recalque devem ser mantidos com uma certa margem de segurança (alguns metros extra) para acomodar estas situações).
- Como forma de evitar a ocorrência de curto-circuito eléctrico, toda a cabelagem deve ser verificada ao seu isolamento.
- A instalação de bombagem e o próprio furo, devem ser protegidos (através de vedação apropriada), contra acções de destruição por animais, pessoas e/ou veículos.

6.2.3 Operação e Manutenção

i) Arranque dos sistemas

- Ao se proceder ao arranque deste tipo de sistema, as INSTRUÇÕES DO FABRICANTE/FORNECEDOR, relativas aos procedimentos de arranque, devem ser estritamente observadas.
- Logo na fase de arranque, a produção actual da(s) bomba(s) deve ser confrontada com as especificações do fabricante relativas ao caudal e elevação da(s) mesma(s). Caso haja diferenças significativas, as causas desses desvios devem ser investigadas e tomadas as devidas medidas para corrigir a situação.
- Caso se constate existir vibração ou ruído durante o funcionamento da(s) bomba(s), as causas devem ser investigadas e, medidas correctivas aplicadas se necessário. Caso não se consiga identificar as causas localmente, o fabricante e/ou fornecedor devem ser informados para emitirem pareceres ou efectuar as devidas correcções.
- Toda a tubagem ligada à(s) bomba(s) deve ser verificada à estanquicidade com a(s) bomba(s) em funcionamento.

ii) Durante o 1º ano de funcionamento.

- Uma vez que a garantia oferecida para a maioria do equipamento eléctrico e mecânico é de 1 ano no máximo, durante o 1º ano de funcionamento do(s) equipamento(s), as instruções do fabricante/fornecedor sobre como operar o equipamento, devem ser seguidas à risca. Qualquer problema ou anomalia de funcionamento deve ser imediatamente comunicado ao fabricante/fornecedor o qual deverá intervir directamente ou através de instruções para a solução do problema.
- Depois de alguns meses de funcionamento , deve-se proceder ao reaperto dos parafusos e porcas de fixação do equipamento pois estes podem ter ficado frouxos devido à vibração.

iii) Manutenção

Manutenção de Rotina (manutenção preventiva)

O operador do sistema (de princípio treinado pelo empreiteiro que fez a montagem do equipamento), deve realizar com regularidade as seguinte tarefas ligadas à manutenção de rotina (também designada manutenção preventiva).

- Limpar os painéis solares
- Verificar a existência de fugas de água na canalização (sucção e recalque) juntas e ligações (equipamentos, acessórios etc.).
- Manter limpo, o terreno à volta da instalação
- Verificar o estado das vedações
- Verificar a existência de fugas nos glandes/vedantes da(s) bomba(s)

Manutenção especializada (manutenção reparativa)

A manutenção especializada deste tipo de equipamento deve ser executada por empreiteiro qualificado. As tarefas a executar nesta categoria de manutenção vão depender do tipo de instalação daí ser necessário obter do fabricante e/ou fornecedor, os planos de manutenção para a instalação em questão. As tarefas geralmente inclusas nos referidos planos de manutenção compreendem:

- A lubrificação do equipamento (substituição de óleo e lubrificantes)
- A forma e frequência de substituição das escovas nos motores eléctricos
- A verificação das ligações eléctricas
- A verificação do estado dos vedantes e glandes e cabo de acordo com o equipamento instalado.

6.2.4 Estimativa de custo

Dependendo da grandeza do sistema servido, a opção de painéis solares para a elevação de água pode atingir níveis de custos que superam todas as opções de elevação discutidas neste manual. Contudo, quando associadas à pequenos sistemas canalizados de abastecimento de água (maior número de consumidores), os sistemas de elevação à base da energia solar são em muitos casos mais baratos que os restante métodos de elevação de água.

A tabela de custos indicada em seguida é referente apenas aos custos de aquisição e montagem dos sistemas solares. Os custos associados à abertura da fonte de água, são discutidos no parágrafo 4.

Tipo de Custo	Valor–US $
Investimento capital (em US $)	$15 000+
Custos de operação (US $/ano)	$0
Custos de Manutenção (US $/ano)$0 – se esta for assegurada por um comité de água	

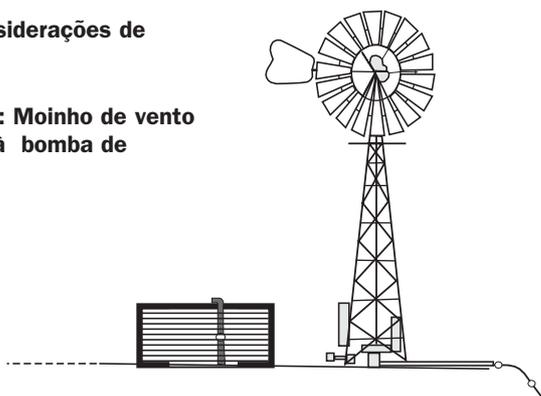
(Os valores indicados no quadro anterior são baseados nos custos praticados em 2003. Os mesmos devem ser ajustados para períodos posteriores à 2003.

6.2.5 Listas de verificação da implementação

Vide Anexo 4

6.3 MOINHOS DE VENTO

6.3.1 Considerações de Projecto

Figura 6.7: Moinho de vento acoplado à bomba de pistão

Moinhos de vento acoplados à bombas de água, são geralmente instalados em sistemas de abastecimento de água alimentados por furos. Dependendo da aplicação, a água extraída dos furos é bombeada para reservatórios apoiados ou elevados geralmente localizados junto da fonte.

Moinhos de vento são geralmente acoplados à bombas de rotação ou de pistão com diâmetro do cilindro entre 44 e 153 mm) .

O uso desta técnica para bombagem de água só é viável em áreas onde a velocidade media do vento é igual ou superior à 3 m/s durante pelo menos 8 horas por dia.

Rendimento característico de bombas acopladas à moinhos de vento

A tabela anterior foi elaborada com base numa velocidade do vento superior à 3m/s durante mais de 8 horas por dia, cenário que em muitas situações, é equiparável à uma velocidade media do vento de 4 m/s, valor que é independente do período durante o qual tal velocidade se verifica ao longo do dia..

Da tabela anterior, constata-se que um moinho de vento com diâmetro das pás de 4,3 m permite bombear cerca de 7,365 litros/dia à uma altura de elevação total de cerca de 81 metros se a bomba instalada tiver um cilindro com diâmetro igual à 64mm.

6.3.2 Construção e Instalação

A instalação do conjunto bomba + moinho de vento só acontece após ter-se concluído a perfuração, desenvolvimento e ensaio da fonte (furo). Dependendo do tipo de reservatório a ligar ao sistema, a construção de sistemas de elevação por moinhos de vento pode levar até 1 mês de duração. Todo o trabalho associado à montagem do(s) moinho(s) de vento é um trabalho especializado que requerer mão de obra especializada para a sua execução. Recomenda-se portanto, o envolvimento de empreiteiros experientes em estruturas reticuladas (estruturas de suporte) metálicas ou de madeira assim como em obras de instalação de bombas e condutas.

Dada a complexidade das obras a escolha do empreiteiro ou empreiteiros para a execução dos trabalhos deve basear-se em concursos públicos em que a experiência dos candidatos é atribuída maior cotação. Os concursos devem obviamente basear-se em documentos de concursos com especificações técnicas suficientemente detalhadas para garantir que os trabalhos executados correspondam às expectativas em termos de produtividade, operação e manutenção.

Na tabela à seguir, são resumidos alguns dos aspectos mais importantes que devem constar nas especificações técnicas

Diâmetro do Cilindro da bomba (mm)										
Diâmetro das pás do moínho (m)		44	51	64	76	90	102	115	128	153
2,5	Elevação (m)	41	34	24	17	13	10	9	7	5
	Caulad (l/dia)	3,980	5,205	8,140	11,705	15,930	20,820	26,345	32,525	46,845
3,0	Elevação (m)	70	60	43	32	25	20	16	13	9
	Caulad (l/dia)	3,885	5,070	7,930	11,430	15,545	20,295	25,700	31,730	45,685
3,7	Elevação (m)	96	80	58	43	33	26	21	17	12
	Caulad (l/dia)	4,205	5,475	8,570	12,365	16,820	21,955	27,800	34,320	49,410
4,3	Elevação (m)	140	110	81	66	52	37	33	27	19
	Caulad (l/dia)	3,590	4,705	7,365	10,000	13,615	20,070	22,500	27,775	40,000
6,3	Elevação (m)			125	98	76	61	47	38	27
	Caulad (l/dia)			15,000	21,400	29,100	38,200	48,200	59,600	86,000
7,5	Elevação (m)			162	130	107	85	67	55	38
	Caulad (l/dia)			15,000	18,200	29,500	38,600	48,600	60,000	86,000

preparadas para a construção de sistemas de bombagem movidos à energia do vento. Refira-se no entanto que o conteúdo das especificações técnicas deve ser encarado apenas como uma referência o que significa que a experiência e as boas práticas de engenharia devem ser aplicadas para assegurar que o produto final é de boa qualidade.

Em aplicações práticas, as especificações técnicas devem ser produzidas pelo consultor técnico e deverão fazer parte dos documentos de concurso. As mesmas devem ser acompanhadas de catálogos, ábacos e gráficos com dados sobre o rendimento esperado tanto dos moinhos de vento como do equipamento de bombagem. Um exemplo desse tipo de dados para o caso de moinhos de vento é ilustrado na tabela 6.3.2.a. Os dados de rendimento indicados nas especificações dos fabricantes/fornecedores, devem obviamente ser ajustados às condições específicas para a(s) qual(is) os concurso(s) foram elaborados.

Regra geral, as especificações técnicas devem incluir, dentre outros, os seguintes aspectos:

EXEMPLO DE ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS PARA SISTEMAS MOVIDOS À ENERGIA DO VENTO.

ELEMENTO OU COMPONENTE	EXIGÊNCIAS/ ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA
Tipo de moinho de vento	À ser especificado pelo consultor técnico
Diâmetro nominal	À ser especificado pelo consultor técnico
Roda do moinho	À ser especificado pelo consultor técnico
Cabeça do moinho, elemento redutor, roda e cauda do moinho	Para salvaguardar as exigências do sector no que se refere à qualidade e padronização dos equipamentos instalados em projectos de água, as especificações relativas à estes componentes devem ser propostas pelo empreiteiro e aprovadas pelo consultor técnico.
Componentes da estrutura de suporte ou torre do moinho, inclusive grits, braces, rodguide escada de acesso, plataforma, fundação e demais componentes inerentes a construção da estrutura de suporte.	Para salvaguardar as exigências do sector no que se refere à qualidade e padronização dos equipamentos instalados em projectos de água, as especificações relativas à estes componentes devem ser propostas pelo empreiteiro e aprovadas pelo consultor técnico.
Montagem do moinho de vento.	Deve-se seguir à risca as instruções do fabricante após aprovação das mesmas pelo consultor técnico. Refira-se que é obrigatório ter nos locais onde se pretende instalar este tipo de equipamento, manuais técnicos com detalhes sobre os procedimentos de montagem. Estes manuais devem estar permanentemente disponíveis nesses locais.
Garantias de qualidade e de boa execução	Devem ser especificadas pelo consultor Técnico
Regras de segurança	Devem ser compatíveis com a legislação específica em vigor para os referidos equipamentos designadamente: - as exigências construtivas para as escadas de acesso. - exigências relativas aos materiais para as escadas de acesso. - exigências relativas à fixação das escadas no resto da estrutura de suporte. - exigenciasexigências relativas à cage around ladder

Para além do descrito no quadro anterior, as especificações técnicas devem fazer referência específica aos aspectos mencionados no quadro seguinte:

PERFORMANCE AREA EXIGÊNCIAS	
Revestimento dos furos e tipo de cilindro	
Varetas das bombas	Diâmetro mínimo do furo Tipo de revestimento do furo Avanço do cilindro pistaõ
Tubos de coluna	Material Diâmetro das varetas Couplings Acoplomento/ components de ligação entre tubos Tipo de ligação de varetas
	Material Diâmetro Interno Components de ligação Protecção dos juntas em manual Estabilizadores Tês e torneiras
Embalagem/ torneiras/ Cabeça do moinho	
Bases de assentamento Base plates	

Para além das instruções aos concorrentes, os documentos de concurso devem providenciar informação detalhada sobre as condições de demanda a que estará sujeito o sistema, dando especial atenção aos seguinte aspectos:

Em projectos de instalação de moinhos de vento para a bombagem de água, é IMPORTANTE que a instalação dos diversos componentes do sistema seja feita seguindo estritamente as recomendações do(s) fabricante(s)/fornecedor(es) pois só assim se consegue assegurar a validade das garantias oferecidas por estes.. Qualquer desvio à estas recomendações poderá resultar na invalidação das referidas garantias.

Em termos práticos, os trabalhos envolvidos na construção de um sistema de bombagem movido à energia do vento são:

- A construção do próprio moinho de vento que inclui a estrutura de suporte e a montagem da roda do moinho e demais componentes.
- A instalação do equipamento de bombagem
- A instalação da tubagem e acessórios inerentes ao sistema.

Os passos mais importantes da construção de sistemas do género, são discutidos em seguida:

Trabalho preparatório/Trabalhos preliminares

Antes de se iniciar a construção do sistema de bombagem (montagem do moinho e instalação da bomba), deve-se verificar/controlar que:

- As características do furo em termos de profundidade, níveis estático e dinâmico e profundidade de imersão da bomba (obtida do ensaio de caudal) devem ser conhecidas em detalhe
- Os maciços (fundação) de assentamento da estrutura de suporte e a própria estrutura de suporte do moinho devem ser construídos seguindo à risca as recomendações (posição, dimensões, armadura etc.) e pormenores (desenhos) do fabricante/fornecedor. Refira-se que a maioria dos fabricantes/fornecedores só oferece garantia contra situações excepcionais (p.ex: vendavais) caso as fundações tenham sido construídas segundo as suas

instruções.
- Deve-se seguir à risca as práticas de boa engenharia relativas à cura de elementos de betão, permitindo tempo suficiente para a secagem do betão antes de se iniciar a instalação de qualquer componente que se apoie nesses elementos. Em qualquer caso, deve-se deixar o betão endurecer durante pelo menos 28 dias antes de se iniciar a operação do equipamento. Recomendações relativas à dosagem, colocação e cura de elementos de betão, podem ser consultadas no anexo 3 deste manual. .
- Todas as porcas de fixação da estrutura de suporte dos moinhos, devem ser embutidas nos elementos em betão antes do início da presa destes . A quantidade, posição e orientação destas porcas deve respeitar as recomendações do fabricante/fornecedor relativas à fixação da estrutura de suporte.

ESPECIFICAÇÕES RELATIVAS AO RENDIMENTO ESPERADO DO SISTEMA

Nome da Comunidade ____________________

Província/Distrito ____________________

Latitude ____________ Longitude ____________

Volume a bombear /dia ____________________

Caudal de bombagem (m3/h) ____________________

Características do furo ____________________

Profundidade em (m) ____________________

Nível estático (medido à partir da superfície do terreno) (m) ____________________

Nível Dinâmico (medido à partir da superfície do terreno) (m) ____________________

Produtividade do furo(m3/h) ____________________

Diâmetro do revestimento (mm) ____________________

Altura total de elevação (m.c.a.) ____________________

Altura estática de elevação (m.c.a) (diferença entre o nível dinâmico e o nível de água no ponto de chegada) ____________________

Perdas de carga contínuas na tubagem (m.c.a.) ____________________

Perdas de carga localizadas (m.c.a.) ____________________

ALTURA TOTAL DE ELEVAÇAO ____________________

i) Estrutura de Suporte

A estrutura de suporte do moinho deve ser construída o mais vertical possível como forma de assegurar que a haste sobre a qual o moinho gira para acompanhar a direcção do vento, está o mais vertical possível.
A construção da estrutura de suporte deve ser tal que assegure que durante a rotação da roda do moinho não surjam esforços de torção sobre as varetas da bomba que obviamente irão reduzir o rendimento de todo o conjunto.
Todos os parafusos e porcas de fixação da estrutura de suporte devem ser regularmente inspeccionados para verificar se estão bem apertados.

i) Bomba e varetas da bomba

O dimensionamento e escolha das varetas de bombas acopladas à moinhos de vento, deve ser feito à rigor pois o seu mau dimensionamento é tido como principal causa de avaria ou mau funcionamento de vários sistemas do género. Para garantir um rendimento elevado do conjunto, as bombas devem ser instaladas à profundidade recomendada pelos ensaios de caudal, devendo-se respeitar com rigor as recomendações do(s) fabricante(s)/fornecedor(es) relativas a distância mínima entre a bomba e o fundo do furo.

6.3.3 Operação e Manutenção

6.3.3.1 Operação- Arranque do sistema

- Ao se proceder ao arranque deste tipo de sistema, as INSTRUÇÕES DO FABRICANTE/FORNECEDOR, relativas aos procedimentos de arranque, devem ser estritamente observadas.
- Logo na fase de arranque, a produção actual da(s) bomba(s) deve ser confrontada com as especificações do fabricante relativas ao caudal e elevação da(s) mesma(s). Caso haja diferenças significativas, as causas desses desvios devem ser investigadas e tomadas as devidas medidas para corrigir a situação.
- Caso se constate existir vibração ou ruído durante o funcionamento da(s) bomba(s), as causas devem ser investigadas e, medidas correctivas aplicadas se necessário. Caso não se consiga identificar as causas localmente, o fabricante e/ou fornecedor devem ser informados para emitirem pareceres ou efectuar as devidas correcções.
- Toda a tubagem ligada à(s) bomba(s) deve ser verificada à estanquicidade com a(s) bomba(s) em funcionamento.

6.3.3.2 1º Ano de operação

- Uma vez que a garantia oferecida para a maioria do equipamento eléctrico e mecânico é de 1 ano no máximo, durante o 1º ano de funcionamento do(s) equipamento(s), as instruções do fabricante/fornecedor sobre como operar o equipamento, devem ser seguidas à risca. Qualquer problema ou anomalia de funcionamento deve ser imediatamente comunicado ao fabricante/fornecedor o qual deverá intervir directamente ou através de instruções para a solução do problema.

- Depois de alguns meses de funcionamento após o arranque, deve-se proceder à um programa de reaperto dos parafusos e porcas de fixação do equipamento pois estes podem ter ficado frouxos devido à vibração.

6.3.3.3 Manutenção

i) Manutenção de Rotina (manutenção preventiva)

O operador do sistema (de princípio treinado pelo empreiteiro que fez a montagem do equipamento), deve realizar com regularidade, as seguinte tarefas ligadas à manutenção de rotina (também designada manutenção preventiva).

- Limpar a área à volta do moinho e do reservatório/torre elevada (se existir)
- Verificar a existência de fugas de água na canalização (sucção e recalque) juntas e ligações (equipamentos, acessórios etc.).
- Manter limpo, o terreno à volta da instalação
- Verificar o estado das vedações
- Verificar a existência de fugas nos glands/vedantes da(s) bomba(s)

ii) Manutenção especializada (manutenção reparativa)

A manutenção especializada deste tipo de equipamento, deve ser executada por empreiteiro qualificado. As tarefas a executar nesta categoria de manutenção, vão depender do tipo de instalação daí ser necessário obter do fabricante e/ou fornecedor, os programas de manutenção (maintenance schedules) para a instalação em questão. As tarefas geralmente inclusas nos referidos programas de manutenção compreendem o seguinte:

Manutenção da estrutura de suporte – (periodicidade: semestral)

- Verificar a existência de parafusos e porcas desapertadas ou frouxos. Reapertar se for o caso
- Verificar o estado do wood rod guide
- Verificar o estado da escada de acesso para inspecção
- Verificar o estado da plataforma Check platform timber

Verificar a existência de varetas com ligações desapertadas ou frouxas. Se forem detectadas varetas frouxas.... O alinhamento vertical da torre deve ser verificado e se forem identificadas varetas soltas ou desapertadas, deve-se verificar o alinhamento e verticalidade da torre. As varetas soltas re-apertadas e tensionadastencionadas de novo

Cabeça da bomba – (Periodicidade: semestral)

- Verifique a existência de parafusos ou porcas soltas/frouxas na roda do moinho
- Verifique a existência de componentes ou partes desgastadas no sistema de frenagem
- Ajuste o sistema de frenagem se necessário
- Verifique a existência de perdas do óleo lubrificante na caixa redutora. Re-encha se for o caso.
- Lubrifique todos os componentes móveis do sistema. Lubricate grease points and oil moving parts
- Drene o óleo da caixa redutora pelo menos uma vez por ano.
- Verifique a existência de ruído anormal durante o funcionamento da bomba, investigue as causas e faça a devida reparação se necessário.

6.3.4 Estimativa de Custos

A tabela de custos indicada em seguida é referente apenas aos custos de aquisição e montagem dos sistemas solares. Os custos associados à abertura da fonte de água, são discutidos no parágrafo 4 deste manual.

Tipo de Custo	Valor –US $
Investimento capital (em US $)	$8 000+
Custos de operação (US $/ano)	$0
Custos de Manutenção (US $/ano)	$150

(Os valores indicados no quadro anterior são baseados nos custos praticados em 2003. Os mesmos devem ser ajustados para períodos posteriores à 2003.

6.3.5 Lista de verificação da implementação

Vide Anexo 4.

6.4 MOTOBOMBAS (DIESEL) E ELECTROBOMBAS

6.4.1 Generalidades

A grande variedade de opções técnicas existentes para a escolha de motobombas e/ou electrobombas torna difícil (senão impossível) a definição de um projecto tipo de estação elevatória baseado neste tipo de opções. Situação semelhante verifica-se com relação a padronização do equipamento possível de adoptar em projectos de estações de bombagem.

Por essa razão, os pontos discutidos neste parágrafo foram escolhidos com o pressuposto de que todo o processo de dimensionamento de estações de elevação baseadas em motobombas/electrobombas será conduzido por técnicos qualificados e conhecimentos suficiente para poder conduzir os referidos dimensionamentos. Os mesmos destinam-se portanto a fornecer os elementos de base necessários para a concepção e dimensionamento de estações elevatórias baseadas em motobombas/electrobombas.

A concepção e dimensionamento de uma estação elevatória é ditada fundamentalmente pelas características da fonte de água que, no presente caso irá incidir sobre as seguintes opções:

- Poços e furos
- Água superficial em rios, canais lagos/lagoas
- Água superficial em albufeiras de barragens.

Do ponto de vista conceptual, uma estação elevatória compreende os seguinte elementos/componentes:

- O grupo electrobomba/motobomba
- A fonte de energia – Rede eléctrica, gerador a diesel
- Casa ou casota das bombas
- Tubagem e acessórios (válvulas, contadores, manómetros) de sucção e de recalque.

No âmbito do presente manual, os componentes da estação elevatória listados anteriormente serão discutidos separadamente.

6.4.2 Bomba

6.4.2.1 Considerações de projecto

A escolha da bomba adequada para determinado fim exige a consideração criteriosa dos seguintes critérios de dimensionamento.

i) Caudal pretendido (caudal de bombagem)

O caudal de dimensionamento das bombas é ditado pelo comportamento registado na demanda de água, suas flutuações e regime pretendido ou estabelecido de operação da estação elevatória. O caudal máximo a bombear deve ser equivalente ao caudal de ponta na zona de consumo ou então ao caudal que resultar do quociente entre a demanda do dia de maior consumo e o número de horas de operação da estação de bombagem. O caudal de dimensionamento vai obviamente ser o maior destes dois caudais. Qualquer que seja no entanto o regime escolhido para a operação da estação elevatória, deve-se reservar um período do dia sem bombagem, destinado aos trabalhos de manutenção/inspecção nas bombas ou outro tipo de interrupções.

Na escolha do caudal de dimensionamento , deve-se ter em atenção que o caudal de bombagem deve ser menor ou igual que o caudal calculado/recomendado para exploração da fonte. Este aspecto é particularmente importante em situações onde se bombeia água de furos uma vez que a bombagem excessiva pode originar a destruição da fonte devido à rebaixamentos excessivos do nível freático. Uma das consequências desse rebaixamento pode ser p. ex: a subida da cunha salina em aquíferos costeiros que obviamente irá danificar a fonte em termos de qualidade da água..

ii) Altura de Elevação Necessária

A altura total de elevação resulta da soma das seguinte componentes de energia:

ß Altura estática de elevação i.e. diferença entre os níveis de água na fonte (nível mínimo) e no reservatório (nível máximo), seja este uma torre elevada ou um reservatório apoiado/enterrado.
ß Perdas de carga por fricção (perdas na conduta)
ß Perdas de carga localizadas (perdas em acessórios tipo válvulas, curvas, derivações etc.).

Na definição dos níveis de água para o cálculo da altura de elevação estática, atenção especial deve ser dada a avaliação do impacto causado por eventuais variações significativas nos níveis de água da fonte, particularmente no que se refere ao rendimento do conjunto electrobomba/motobomba, (caudal bombeado), eficiência de bombagem, NPSH e potência consumida. Em situações onde se esperam grandes variações no nível de água da fonte é recomendável que se escolham bombas com curvas características mais ou menos planas pois, com estas consegue-se manter mais ou menos o mesmo caudal para grandes flutuações nos níveis de água (montante e jusante).

iii) Ponto de funcionamento óptimo.

A(s) bomba(s) é(são) geralmente escolhida(s) com base no ponto de funcionamento obtido da combinação da curva da bomba com a curva da instalação que se pretende servir. O ponto de funcionamento dá a melhor combinação de caudal e altura total de elevação para a instalação em questão. Alterar a bomba ou a instalação irá resultar num novo ponto de funcionamento que poderá ou não satisfazer o caudal desejado para a altura de elevação desejada.

iv) Verificação das condições na zona de sucção.

Nas curvas ou catálogos fornecidos com a(s) bomba(s) o fabricante indica sempre a pressão mínima exigida à entrada da bomba para assegurar um funcionamento eficiente e duradoiro das pás das hélices da bomba. Esta pressão ou margem de segurança mínima é designada de NPSH- Nett Positive Suction Head.

Se a pressão na zona de entrada da bomba é inferior ao NPSH do fabricante, durante o funcionamento da bomba esta irá apresentar problemas de vibração, baixa eficiência e destruição da(s) pás dos hélices das bombas, devido à cavitação.

i) Tipo de bomba

A escolha do tipo de bomba deve basear-se no seguinte:

- O ponto de funcionamento obtido da combinação curva da bomba/curva da instalação
- O tipo de fonte associado à bomba (furos, água superficial, lagoas, etc.).
- Qualidade da água da fonte
- Características da fonte (p.ex: se o rio sofre ou não erosão)
- Exigências relativas à operação
- Exigências relativas à manutenção
- Número de rotações da bomba e motor

Características da bomba (p.ex: se é uma bomba de pistão ou centrífuga)

6.4.3 Motor Eléctrico

6.4.3.1 Considerações de projecto.

Depois de concluída a escolha da bomba e depois de se determinarem as exigências do conjunto de bombagem em termos de potência necessária, o passo a seguir no projecto de uma estação elevatória é o dimensionamento do motor da bomba cujos procedimentos são descritos em seguida. Refira-se que a escolha do motor da bomba deve ser conduzida por técnico qualificado.

i) Tipo de motor

Regra geral a escolha de motores trifásicos é a mais apropriada. Esta escolha deve no entanto ser compatível com as condições existentes no local (p.ex: se a rede pública assegura linhas trifásicas) para além de ter que ser revista por um técnico qualificado na área da electricidade.

ii) Características físicas do motor

As características físicas do(s) motor(es), ditam a escolha do método mais apropriado para a sua instalação. Alguns dos aspectos a considerar no conjunto de características físicas do(s) motor(es) são:

- As dimensões do motor

- O método de montagem. A montagem pode ser numa base, flange, corpo ou combinação, o que depende da instalação servida e do modelo do motor. Este ultimo aspecto deve ser consultado em catálogos específicos fornecidos pelos fabricantes

iii) Arrefecimento

A escolha do motor eléctrico assim como do método de sua instalação, deve ser feita por forma a não criar sobreaquecimento do motor durante a operação.

iv) Protecção

Motores eléctricos são geralmente Electrical motors are manufactured to provide for the required safety aspects as well as a measure of protection against foreign objects and water. The required protection must be selected based on the requirements of the installation. For this purpose standard specifications according to which the safety and protection criteria is specified must be used.

v) Potência Necessária

A classificação dos motores eléctricos é geralmente feita segundo a potência eléctrica (em Kilowatts) por eles produzida. Em aplicações práticas porém a potência nominal de um motor eléctrico deve ser ajustada às seguinte variáveis:

- **Temperatura Ambiente**

A potência nominal de motores eléctricos deve ser ajustada à temperatura ambiente de acordo com os valores indicados na tabela à seguir .

Temperatura Ambiente (valores máximos em ºC)	Allowable load as per power rating %
40	100
45	95
50	89
55	83
60	67
70	64

A potência nominal de motores eléctricos deve também ser ajustada em função da altitude de acordo com os valores indicados na tabela a seguir . Em situações onde a temperatura ambiente excede a temperatura máxima indicada na tabela em baixo a potência nominal dos motores deve ser ajustada à temperatura real de acordo com os valores da tabela anterior.

Altitude (em m acima do nível médio das águas do mar)	Allowable load as per power rating %	Temperatura máxima admissível (0C)
0 a 1000	100	40
1000 a 2000	92	32
2000 a 3000	83	24
3000 a 4000	74	16

- **Factor de segurança**

A escolha do motor eléctrico deve ser feita tendo em conta que o mesmo não deve ser sobrecarregado em nenhum momento da sua operação. Por essa razão os motores eléctricos são dimensionados com uma margem de segurança traduzida por um factor de segurança cujos valores são indicados no quadro a seguir .

Potência Nominal desejada (KW)	Potência Nominal do motor à escolher
< 7.5 +	Potência Nominal desejada + 20%
7.5 à 37 +	Potência Nominal desejada + 15%
37 +	Potência Nominal desejada + 10%

vi) Número de rotações

A velocidade de rotação do motor eléctrico dependerá da velocidade de rotação da bomba escolhida e do método de ligação (bomba/motor) usado. Os motores eléctricos são geralmente dimensionados para funcionarem à 1450 ou 2900 rotações por minuto (r.p.m). Caso a velocidade de rotação do motor eléctrico e da bomba são diferentes, deve-se usar aoplomentos V-belt. A escolha do diâmetro das as polias deve ser tal que assegure a manutenção da velocidade exigida pela bomba.

vii) Fornecimento de Energia e tipo de accionamento

Potência disponível em KVA

A potência (em KVA) disponível no ponto da derivação para o motor eléctrico deve ser suficiente para accionar o motor eléctrico seleccionado em qualquer dos cenários de operação previstos para a instalação.

Para o accionamento dos motores, existem duas opções. Arrancadores DOL (direct on line) e arrancadores delta star (estrela). O accionamento DOL é geralmente usado para pequenas instalações (menores que 2KW) enquanto que para instalações maiores, usam-se arrancadores Delta star (estrela).

Protecção dos motores eléctricos

A protecção dos motores eléctricos deve incluir no mínimo o seguinte:

Protecção contra sobrecargas
Este tipo de protecção protege o motor eléctrico sempre que a corrente de entrada excede os valores máximos de dimensionamento da instalação. Neste casos evita-se que os motores queimem em consequência de sobrecargas tais como as que surgem quando ocorrem roturas na conduta que obrigam as bombas à um sobre-esforço que obviamente se transmite aos motores eléctricos.

Protecção contra descargas eléctricas (raios)
Todos as instalações devem ser protegidas contra descargas eléctricas (raios) independentemente de a zona ser propensa ou não à esse tipo de descargas.

6.4.4 Motores a Diesel

6.4.4.1 Considerações de Projecto

Concluída a escolha da bomba, inclusive a determinação da potência necessária para o accionamento da mesma, o passo a seguir é a escolha do motor eléctrico para a referida bomba. Os aspectos a tomar em consideração nessa escolha, são discutidos em seguida.

i) Marca ou Fabricante

Deve-se escolher uma marca ou fabricante para o qual existe disponibilidade à peças sobressalentes na região e que as mesmas sejam acessíveis em termos de custos para os utentes. Nesta escolha, deve-se dar prioridade à marcas ou fabricantes seleccionados para constarem nas políticas de padronização de equipamentos na região ou país.

ii) Exigências de Manutenção

A escolha do motor eléctrico das deve ser feita tendo em conta as exigências específicas de manutenção, daí ser

importante assegurar que:

- Para a(s) marca(s) escolhida(s) existe disponibilidade e acessibilidade de peças sobressalentes na região. Deve-se também assegurar que existe capacidade local (em termos de habilidades) para garantir a correcta manutenção dos equipamentos. Questões relacionadas com políticas de padronização de equipamento na região devem também ser tomadas em consideração.
- Se priorize a escolha de equipamentos e/ou marcas que não exijam manutenção especializada nem ferramentas complexas para a execução de trabalhos de manutenção.
- Para as marcas ou equipamentos escolhidos, a danificação ou redução de rendimento devido à efeitos colaterais seja mínima. Nesta perspectiva, motores com arrefecimento à água (Water cooled engines) apresentam melhor protecção contra sobrecargas térmicas.

iii) Potência Exigida

O motor escolhido, deve ter capacidade suficiente para fornecer a potência exigida pela bomba para as condições exigidas de funcionamento desta. A compatibilidade entre a velocidade de rotação da bomba como do motor não é muito importante neste dimensionamento uma vez que esta pode ser ajustada através da escolha adequada do sistema de acoplamento.

A escolha de motores a diesel deve ser feita em estreita colaboração com o fabricante (ou usando catálogos apropriados) tendo como base a velocidade e a potência de saída (contínua) exigidas para o motor. A curva de potência (fornecida pelo fabricante) do motor escolhido deve no entanto ser ajustada às condições específicas de Temperatura, Altitude e Humidade relativa do ambiente onde os mesmos vão ser operados. Os coeficientes de ajustamento são fornecidos pelo fabricante.

iv) Sobre-capacidade ou margem de segurança

Caso estejam previstos a curto e médio prazo trabalhos de expansão que conduzam à incrementos na potência exigida aos motores, é conveniente e economicamente viável fazer-se a escolha de motores com uma certa sobre-capacidade destinada a absorver tais incrementos. Este tipo de abordagem deve no entanto ser antecedida de estudos detalhados para avaliação da relação custo/benefício da referida escolha.

v) Velocidade (nr. de rotações) da bomba

A velocidade ou número de rotações da bomba, conjunto com o método ou sistema de acoplamento escolhido irão determinar a velocidade ou número de rotações do motor a escolher. Se o método de acoplamento escolhido é o V-belt, a velocidade do motor e da bomba podem ser compatibilizadas através da escolha adequada do diâmetro das polias.

vi) Custo

Na escolha do motor deve-se ter em conta não só os custos de aquisição do equipamentos como também os custos de operação e manutenção. Deste modo, assegura-se a escolha do(s) motor(es) mais apropriado(s) para as condições específicas do(s) local(is) onde o(s) mesmo(s) vão ser instalado(s).

6.4.5 Instalação da bomba e Motor (eléctrico ou a diesesl)

6.4.5.1 Método de Acoplamento

O dimensionamento de instalações de bombagem deve incluir não só o dimensionamento das bombas e do motores como também o dimensionamento do método de acoplamento bomba/motor. Para o efeito existem duas opções a saber:

i) Acoplamento directo

Este tipo de acoplamento exige menores cuidados de manutenção para além de esta ser de fácil execução. O correcto alinhamento do motor e da bomba é um aspecto de extrema importância pois, se estes não estiverem alinhados (por mais pequena que seja a diferença) tanto a bomba como o motor podem ser danificados.
Os elementos de acoplamento directo de bombas/motores devem ser devidamente especificados no que se refere ás velocidades da bomba e do motor, o regime esperado de funcionamento da instalação e ainda os catálogos e referências específicas fornecidas pelo(s) fabricante(s).

ii) Acoplamento Indirecto (V-belt)

O recurso ao acoplamento V – Belt permite a ligação de bombas e motores com velocidades de rotação diferentes bastando para o efeito fazer uma selecção apropriada do diâmetro das polias. Este tipo de acoplamento oferece também maior flexibilidade em termos de rigor no alinhamento dos componentes a ligar designadamente a bomba e do motor.

Na escolha deste tipo de acoplamento, deve-se tomar em consideração os seguinte aspectos:

- **Tipo de correia:**

O tipo de correia é escolhido com base na velocidade do veio mais rápido e também na magnitude de perdas esperadas na transferência de potência do motor para a bomba. Esta informação é geralmente fornecida pelo fabricante nos catálogos que acompanham o equipamento.

- **Dimensão ou diâmetro das polias**

A dimensão ou diâmetro das polias é determinada com base no seguinte:

- A razão (ou quociente) entre a velocidade do motor e da bomba
- As exigências relativas às dimensões e tipo de correias
- O diâmetro mínimo exigido segundo especificado pelo fabricante do motor.
- O número de correias

iii) Casa das máquinas

As dimensões e tipo da(s) casa(s) da(s) máquinas vai depender do tipo de instalação que se tem. Os seguintes aspectos devem ser considerados na concepção e execução deste tipo de infra-estrutura.

- A inclusão de maciços de assentamento das bombas (e motores) suficientemente resistentes para por um lado suportar os equipamentos e, por outro resistir aos efeitos de vibração resultantes do funcionamento das máquinas.
- Deve-se prever todo o tipo de medidas de segurança

dentro das casotas, designadamente: o encamisamento ou cobertura dos acoplamento, a criação de espaços livres para circulação e execução de trabalhos de manutenção, a drenagem de águas perdidas e a protecção dos circuitos eléctricos.
- As casotas das máquinas devem ser devidamente ventiladas particularmente no que se refere aos fumos e gases libertos durante o funcionamento de equipamentos à diesel. A ventilação pode ser natural ou induzida através de extractores. O dimensionamento da componente de ventilação deve ser feita segundo as especificações do(s) fabricante(s)
- As casotas das máquinas devem assegurar a protecção efectiva das máquinas (bombas e motores) contra as condições ambientais. As condições ambientais dentro das casotas devem estar em concordância com as especificações dos fabricantes relativas às condições ambientais de funcionamento das máquinas.
- O dimensionamento da fundação destas casotas deve tomar em consideração as características específicas dos solos ou materiais de fundação nos locais onde elas são erguidas.
- As casotas de máquinas devem ser construídas tendo em conta a futuros trabalhos de manutenção. Por essa razão é recomendável que as mesmas tenham coberturas removíveis para facilitar a retirada e reposição das máquinas submetidas à trabalhos de reparação. Alternativamente as mesmas devem ter portas de acesso suficientemente largas para permitir a fácil remoção das máquinas.

iv) Tubagem ou canalização

A figura a seguir, mostra um exemplo típico de uma instalação de bombagem ligada a um furo.
Na concepção e execução de trabalhos de canalização de instalações de bombagem, deve-se tomar em consideração os seguintes aspectos:

- Todos os elementos da canalização devem ser dimensionados para o caudal de dimensionamento da estação de bombagem.
- Todos os elementos da instalação devem ser dimensionados para resistir às pressões de serviço usadas para o dimensionamento da estação de bombagem.

Figura 6.8(a) – Vista em planta de uma instalação tipo de bombagem de água de um furo.

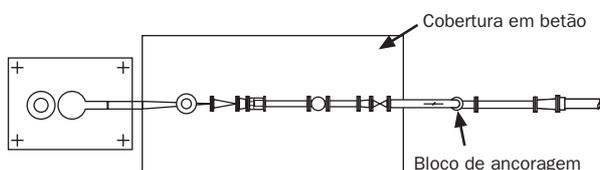
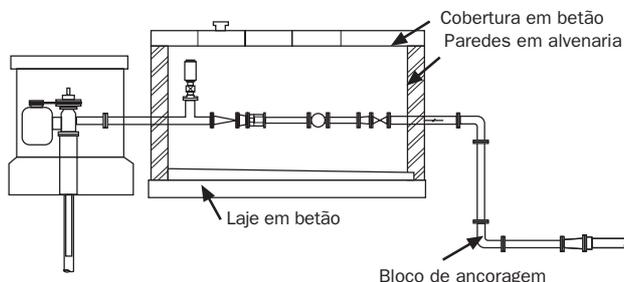



Figura 6.8(b) – Vista em corte de uma instalação tipo de bombagem de água de um furo.

A tabela a seguir é feita uma descrição resumida (designação e função) dos elementos contidos na instalação ilustrada nas figuras 6.8(a) e 6.8(b) respectivamente.

Referência	Descrição	Função
B6	Ventosa	Aliviar a instalação (se tiver admitido ar) a evitar que entre ar para os componentes de montante da instalação.
B4	Válvula de seccionamento	Isolar partes da instalação sempre que há trabalhos de manutenção por executar (p.ex: reparar a ventosa)
B7	Válvula de Retenção	Prevenir o retorno da água nas situações em que, por qualquer motivo, as bombas não estão em funcionamento
B11	Contador	Se necessario. A escolha do diâmetro do contador deve ser feita em concordãncia com as especificações do fabricante como forma de evitar perturbações nas medições, causada pela turbulência da água nas condutas.
B8	Cone de redução	Transição de diâmetros. Necessário sempre que um elemento da instalação é menor (ou maior) que o diâmetro da conduta. Neste caso, o contador tem diâmetro menor que o da conduta daí haver necessidade de um cone de redução.
B13	Válvula de seccionamento	Isolar partes da instalação sempre que há trabalhos de manutenção por executar.

6.4.6 Construção e Instalação

Na instalação de equipamento de bombagem é importante que se sigam à risca, as instruções do(s) fabricante(s), uma vez que qualquer desvio poderá conduzir à perda da garantia oferecida por estes para os referidos equipamentos. Os aspectos mais importantes a tomar em consideração na instalação de bombas e motores eléctricos são resumidos em seguida:

i) Trabalho preparatório

Antes de se iniciar a instalação dos equipamentos é importante que se verifique/certifique a seguinte informação:

- Os níveis mínimo e máximo da água nos locais onde de pretende instalar os equipamentos pois estes ditam os níveis de imersão das bombas. No caso de furos, estes correspondem aos níveis estático e dinâmico no furo.

- Os maciços para o assentamento da(s) bomba(s) devem ser construídos e nivelados de acordo com as instruções do fabricante relativas ao assentamento das referidas máquinas.
- Após enchimento, os maciços em betão devem ser submetidos à cura suficiente antes de se iniciar a instalação das máquinas. O tempo mínimo recomendado é de 28 dias.
- Os parafusos ou porcas de espera devem ser embutidos nos maciços enquanto a massa estiver fresca. Neste processo é importante respeitar as especificações do fabricante relativas ao espaçamento e dimensões dos parafusos e porcas.

ii) Bombas em Furos (bombas submersíveis)

- A cabeça da bomba assim como todo o conjunto, devem ser instalados com o melhor alinhamento (vertical e horizontal) possível. A verticalidade da(s) bomba(s) deve ser testada antes da entrega da instalação.

- Deve-se respeitar as especificações do fabricante relativas à distância máxima entre o fundo do furo e o chupador da bomba.
- As roscas dos tubos de coluna devem ser mantidas limpas tanto durante o transporte como durante a montagem. Vedantes especiais devem ser usados para proteger estas partes dos tubos de coluna.
- The shaft and bearings devem ser montados seguindo à risca as instruções do fabricante. Durante o manuseamento e instalação dos componentes da(s) bomba(s), deve-se evitar a todo o custo, situações que resultem no enviesamento do eixo da(s) bombas ou de qualquer elemento vertical destas.
- Deve-se seguir a risca as instruções do fabricante relativas à colocação de estabilizadores nos tubos de coluna.
- Deve-se evitar a entrada para dentro do furo, de materiais estranhos durante a montagem das bombas.
- Importante: Deve-se respeitar as exigências do fabricante relativas à montagem e desmontagem das bombas uma vez que de contrário pode-se comprometer a garantia oferecida pelo fabricante para as mesmas bombas.

iii) Motores Eléctricos e a Diesel

- A fixação dos parafusos de espera, da base das bombas deve ser feita de acordo com as exigências do fabricante. Caso os mesmos tenham que ser embutidos nos maciços de assentamento deve-se ter o cuidado de os posicionar correctamente pois só assim se garante uma montagem correcta da base.
- Tanto as dimensões como a qualidade dos parafusos de fixação, devem ser de acordo com as instruções do fabricante.
- No caso de motores eléctricos, é imperioso que se verifique o sentido de rotação do motor antes da montagem do acoplamento.
- Durante a montagem, deve-se assegurar o mesmo grau de aperto de todos os parafusos de fixação. Esta medida visa evitar o surgimento de esforços de torção na base de assentamento que por sua vez poderão conduzir ao enviesamento dos veios da bomba e do motor.
- Toda a instalação eléctrica deve ser executada por técnico qualificado.

iv) Acoplamento

- Os elementos de protecção do acoplamento devem ser instalados de acordo com as especificações do fabricante devendo em qualquer situação, cobrir todos os elementos móveis do acoplamento.
- Depois da instalação do motor e da bomba deve-se verificar se o alinhamento final está correcto pois é comum surgirem desvios durante a instalação. As folgas admissíveis no alinhamento bomba/motor devem ser as especificadas pelo fabricante.

v) Adjustamento do Gland.

Deve-se obedecer às especificações do fabricante das bombas para o ajustamento do.

6.4.7 Operação e Manutenção

i) Arranque da Instalação

DEVE-SE SEGUIR À RISCA AS INSTRUÇÕES DO FABRICANTE relativas aos procedimentos de arranque das bombas e motores. Especificamente:

- Deve-se verificar o sentido de rotação da bomba
- Deve-se verificar se as condições de funcionamento obtidas no arranque do sistema são equiparáveis às condições especificadas pelo fabricante para aquelas condições de instalação. Qualquer desvio deve ser investigado e medidas correctivas implementadas.
- Depois do arranque deve-se verificar se o aquecimento registado nos bearings e amps está dentro dos limites especificados pelo fabricante. Qualquer desvio pode ser indicativo de sobreaquecimento devido à falta de alinhamento dos eixos dos componentes ligados.
- Deve-se investigar a causa de qualquer vibração ou ruído anormal verificado durante a operação das bombas. Caso não se consiga identificar, deve-se comunicar imediatamente ao fabricante/fornecedor para a tomada de medidas correctivas.
- Deve-se evitar que a bomba funcione em vazio tanto no arranque do sistema como durante o funcionamento normal do mesmo.
- Depois de se arrancar a bomba deve-se verificar a ocorrência de fugas na tubagem e acessórios localizados na zona de recalque da bomba
- Se a primeira água bombeada aparece lamacenta deve-se continuar a bombagem até aparecer água limpa. Esta medida visa evitar a acumulação de sedimentos na bomba que posteriormente podem danificá-la.

II.) Durante o 1º Ano de Operação

Regra geral, os equipamentos eléctricos e hidromecânicos são fornecidos com uma garantia de pelo menos um ano. Durante esse período é importante que se respeitem todas as instruções do fabricante relativas à operação do equipamento. Qualquer anomalia no funcionamento deve ser comunicada imediatamente ao fabricante/fornecedor para a tomada das devidas providências.

iii) Manutenção

Ainda na fase de lançamento dos concursos, é preciso especificar claramente que o empreiteiro/fabricante/fornecedor, deve providenciar um manual detalhado de operação e manutenção do equipamento instalado. Este manual deve ser baseado nas especificações do fabricante do equipamento.
Os trabalhos de manutenção (preventiva e reparativa) executados nas instalações devem no mínimo seguir as instruções contidas nestes manuais.

6.4.8 Estimativa de custos

A estimativa de custos apresentada a seguir pode variar significativamente em função das condições específicas encontradas nos locais onde se pretende montar o equipamento. Os valores indicados no quadro a seguir são por isso apenas indicativos.

Custo	Valor - $
Investimento capital (US $)	$10 000 +
Custos de operação (US $/ano)	$500 +
Custos de Manutenção (US $/ano)	$250 +

(Os valores apresentados no quadro anterior são baseados nos preços praticados em 2003 daí terem que ser ajustados para períodos posteriores à esta data.)

6.4.9 Listas de verificação da Implementação

Vide anexo 4

7.CAPTAÇÃO DA ÁGUA DAS CHUVAS

7.1 GENERALIDADES

A captação da água da chuva é uma técnica apropriada ao abastecimento de água à comunidades rurais de zonas áridas/semi-áridas ou de zonas onde as águas obtidas de fontes superficiais e/ou subterrâneas é imprópria para consumo (P.e: fontes subterrâneas salobres). A captação da água da chuva pode também ser usada como complemento aos sistemas convencionais de captação e abastecimento de água.

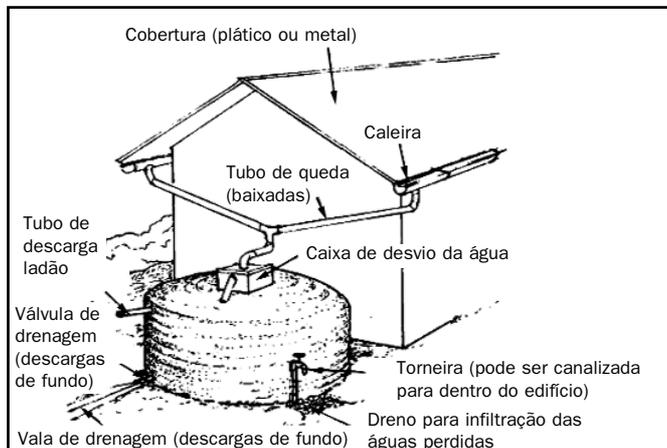



Figura 7.1: Exemplo de um sistema de captação da água da chuva.

As vantagens e desvantagens da captação da água da chuva para fins de abastecimento de água doméstico, são discutidas no quadro à seguir:

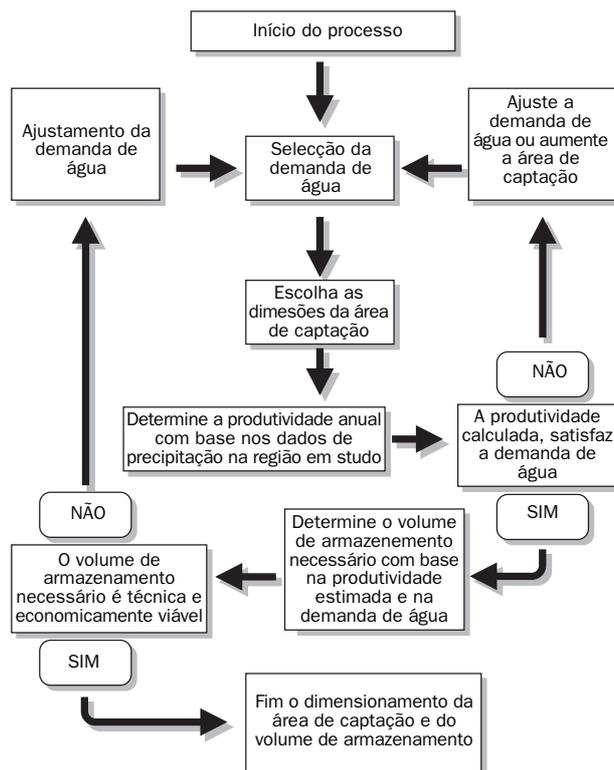
VANTAGENS	DESVANTAGENS
Fácil acesso às zonas de consumo. Geralmente construídas junto aos pontos de consumo	É uma técnica condicionada ao regime de precipitação na região. De facto esta técnica só é viável para regiões com precipitação anual igual ou superior à 2000 mm distribuída em pelo menos 6 meses do ano.
A construção dos sistemas simples daí ser possível implementar com base em recursos localmente disponíveis o que conduz à uma fácil adaptação.	O investimento por indivíduo (investimento per capita) é geralmente elevado, sendo superior ao correspondente investimento em sistemas comunais baseados em poços e furos.
Pode se implementada com base em materiais locais e usando recursos (técnicas e mão de obra) locais.	Dada a sua dependência ao regime de precipitação, é uma fonte pouco fiável principalmente em épocas secas. Por essa razão é uma técnica pouco eficaz para soluções de abastecimento comunitário.
A construção dos sistemas é fácil e barata para além de que a manutenção é geralmente de baixo custo.	No caso da captação em coberturas, esta só poderá ser praticada em zonas com predominância de construção convencional (com cobertura em chapa, chapa lusalite ou outro tipo de chapa impermeável).
É uma técnica que contribui para a manutenção da integridade ecológica nas bacias onde ela é praticada.	Em regiões onde a estação seca é longa (como é o caso de Moçambique) a reserva para acumulação da água deve ser grande daí ser cara na construção.
A flexibilidade associada aos custos de implementação permite que em comunidades mais prósperas, se avance para padrões de consumo mais elevados.	Em situações onde o regime hidrológico é irregular, a captação da água da chuva só pode ser usada como fonte complementar e nunca como fonte principal.
Para além da captação nas coberturas (fig. 7.1) a captação da água das chuvas pode ser feita em superfícies previamente preparadas no terreno (revestimento com betão, plástico, tratamento químico etc.).	Quando a captação é feita no terreno, o custo da construção é elevada e consequentemente, o investimento por indivíduo é elevado. Quando a água é captada no terreno, a mesma deve ser submetida à tratamento antes do consumo. A captação no terreno exige grandes áreas para a sua implantação o que em certas regiões pode constituir impedimento à sua adopção.

7.2 CONSIDERAÇÕES DE PROJECTO

7.2.1 Filosofia de concepção e dimensionamento

A produção (volume de água captada) de um sistema de captação da água da chuva depende fundamentalmente das seguinte variáveis:

- Precipitação caída na zona
- Tamanho da superfície de captação
- Reserva disponível para colmatar períodos secos

A concepção e dimensionamento dos componentes de um sistemas de captação da água das chuvas, é um processo iterativo cujo algoritmo é ilustrado em seguida:

A filosofia de concepção e dimensionamento de sistemas de captação da água da chuva, assenta nas seguinte considerações:

- Quanto maior a área de captação maior será a quantidade de água captada no período em consideração (geralmente um mês).
- Quanto maior a capacidade de reserva disponível maior será o volume de água armazenada e maior será a fiabilidade do sistema de colmatar a diferença entre demanda de água e recarga da reserva (quando a precipitação é nula ou é menor que a demanda de água, não há recarga da reserva).
- Do ponto de vista económico, pode não ser viável dimensionar/construir áreas de captação e reservatórios com capacidade para satisfazer, à qualquer momento, a demanda de água. A escolha final das dimensões destes componentes vai depender de vários factores dentre os quais a existência de fontes alternativas na região. Refira-se que este factor joga o papel mais importante na escolha das dimensões finais do sistema.

- Nos casos em que não é economicamente viável construir áreas de captação e reservatórios com capacidade

suficiente para satisfazer a demanda, o consumo da água terá que ser feito com restrições. Nestes casos, os consumidores terão que ser sensibilizados a introduzir restrições no consumo da água particularmente durante a estação seca e nos meses próximos do início da época chuvosa seguinte. No algoritmo apresentado anteriormente, o conceito de restrição no consumo da água é traduzido pela inclusão da variável "demanda efectiva de água" que, em termos práticos é a demanda de água que pode ser satisfeita pela área de captação existente nas condições existentes (reais) de precipitação na região.

7.2.2 Procedimentos orientados para o dimensionamento

Tendo em consideração os aspectos discutidos anteriormente, os passos à seguir para o dimensionamento de um sistema de captação da água da chuva, são discutidos em seguida. Refira-se que os dados de base para o início deste dimensionamento são os seguintes:

- Precipitação média anual na região (mm/ano)
- Precipitação média mensal na região (mm/mês)

PASSO 1: Determinação da demanda de água

Calcule a demanda de água seguindo os procedimentos discutidos no parágrafo 2 deste manual.

PASSO 2: Escolha do tipo e dimensões da área de captação.

- Faça a escolha do tipo de área de captação (P.e: cobertura, no terreno etc.). A escolha é feita segundo o tipo de superfície que é mais fácil/prático construir na região. Em alguns caso, a escolha é feita em função da densidade de coberturas convencionais existentes na região.

- Determine a quantidade de água da chuva que pode ser captada pela área de captação escolhida, usando a fórmula:

Volume bruto anual (m3/ano)= 0,9x(Precipitação media anual (m/ano)Área de captação (m2))

(Nota – o factor 0,9 é um factor que traduz as perdas que se verificam devido por exemplo à evaporação e infiltração. O valor de perdas pode atingir valores maiores que 10%.)

- Compare o valor obtido com a demanda teórica de água calculada no passo 1. Os seguinte cenários são possíveis:

- Se o volume bruto captado anualmente é maior que a demanda teórica de água, a área de captação pode ser reduzida e o cálculo anterior refeito com o novo valor de área de captação. Se a área de captação usada para o cálculo do volume bruto anual é uma área já existente, não se faz alteração alguma às dimensões da área de captação. Se de contrário a área de captação ainda não existe, então é preciso redimensioná-la.

- Se o volume bruto anual é maior que a demanda teórica de água, a área de captação deve ser aumentada ou então, a demanda teórica de água deve ser reduzida (P.e: por reduzir o número de consumidores dependentes do sistema) até valores equiparáveis à demanda efectiva de água. Note que em algumas regiões a precipitação média anual pode ser tão baixa que torna praticamente impossível construir uma área de captação capaz de produzir os volumes desejados de forma economicamente viável.

Uma vez determinadas as dimensões exequíveis da área de captação, calcula-se o volume anual efectivo i.e. aquele volume que vai ser efectivamente alcançado com a área de captação determinada nos passos anteriores. A fórmula de cálculo é semelhante à descrita anteriormente i.é:

Volume anual efectivo (m3/ano)= 0,9x(Precipitação anual (m/ano)Área de captação efectiva (m2))

Conhecido o Volume anual efectivo, calcula-se a demanda efectiva mensal pela fórmula:

Demanda mensal efectiva (m3/mês) = Volume anual efectivo (m3/ano) /12 meses.

PASSO 3: Determinação da capacidade de reserva necessária

Para o cálculo da capacidade necessária de reserva, faz-se uso do método dos volume acumulados ao longo do ano. Os procedimentos de cálculo são ilustrados na tabela a seguir na qual é elaborado um exemplo de cálculo. O significado e os valores a serem inseridos em cada colunas são os seguinte:

Coluna 1	Lista dos meses do ano começando pelo mês em que a produção efectiva mensal é maior que a demanda efectiva de água nesse mesmo mês.
Coluna 2	introduza os valores de precipitação média mensal de cada mês (mm/mês) da coluna 1
Coluna 3	introduza os valores da área efectiva de captação (m2).
Coluna 4	Calcule o volume mensal de água que teoricamente pode ser captado (Coluna 2 x Coluna 3 x coeficiente de eficiência). No exemplo à seguir foi usado um coeficiente de 0,9, que é valido para coberturas em chapa de zinco ondulada.
Coluna 5	Calcule os volumes acumuladas de água captada.
Coluna 6	introduza os valores de demanda mensal prática de água. Use o valor médio (valor annual/12) calculado no passo 1.
Coluna 7	Calcule a demanda prática mensal acumulada (processo semelhante ao da coluna 5)
Coluna 8	Calcule a diferença entre o volume captado acumulado e a demanda prática acumulada (Coluna 5 – Coluna 7). A máxima diferença (em módulo) verificada, corresponde ao volume necessário de armazenamento em m3.

No exemplo da tabela, a máxima diferença (em módulo) entre o volume captado acumulado e a demanda mensal acumulada, ocorre no mês 5 e representa um volume de armazenamento da ordem dos 10,40 m^3.

PASSO 4: Interpretação dos resultados do cálculo

Se o volume de reserva obtido do cálculo anterior é extremamente grande ou se a construção do respectivo reservatório exige custos que superam a capacidade local de pagar pelo investimento, o cálculo anterior deve ser refeito usando porém menores valores de demanda de água. Em

termos práticos esta solução exige a identificação de fontes alternativas para compensarem a demanda de água nos períodos críticos e, a introdução de restrições no uso da água acumulada nas cisternas.

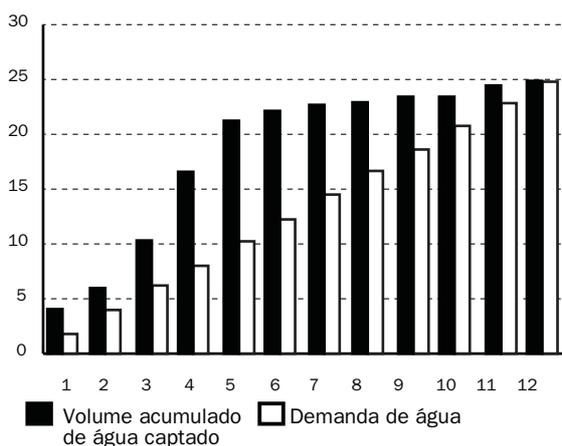
	Colona 1	Colona 2 Precipitação média mensal (m)	Colona 3 Escolha das dimensões d área de captação (m²)	Colona 4 Volume mensal captado (m³)	Colona 5 Volume captado acumulado (m³)	Colona 6 Demanda média mensal (m³/mes)	Colona 7 Demanda média mensal acumulada (m³/mes)	Colona 8 Excesso/ déficit mensal (m³/mes)
Mês 1	0.144	30	3.89	3.89	1.96	1.96	1.92	566.67
Mês2	0.109	30	2.95	6.84	1.96	3.93	2.91	430
Mês 3	0.144	30	3.90	10.73	1.96	5.89	4.84	568.33
Mês 4	0.205	30	5.53	16.26	1.96	7.86	8.41	806.33
Mês 5	0.147	30	3.96	20.22	1.96	9.82	10.40	577
Mês 6	0.032	30	0.87	21.09	1.96	11.79	9.30	127
Mês 7	0.019	30	0.51	21.60	1.96	13.75	7.85	75
Mês 8	0.007	30	0.19	21.80	1.96	15.71	6.08	28
Mês 9	0.011	30	0.29	22.09	1.96	17.68	4.41	42.5
Mês 10	0.004	30	0.10	22.19	1.96	19.64	2.54	14.5
Mês 11	0.032	30	0.87	23.06	1.96	21.61	1.45	126.5
Mês 12	0.019	30	0.52	23.57	1.96	23.57	0.00	75.33
Total anual	0.87		23.57					

Tabela 7.1: exemplo de cálculo da capacidade de reserva de sistemas de captação e aproveitamento da água da chuva.

Em termos práticos, os resultados da coluna 8 da tabela anterior indicam que:

- Nos meses 1 à 5 o volume acumulado de água captada excede a demanda acumulada de água. O volume em excesso é portanto armazenado.

- Nos meses 6 à 12 a demanda acumulada de água excede o volume acumulado de água captada. O déficit é retirado do volume acumulado no reservatório.

Os valores e resultados da tabela anterior podem também ser apresentados na forma gráfica conforme é ilustrado no gráfico de barras da figura seguinte. Os valores mensais representados no gráfico, são valores acumulados.

Métodos alternativos para o dimensionamento da reserva

O método dos volumes acumulados, exige a disponibilidade de dados de precipitação mensal para o cálculo do volume necessário de reserva. Na falta destes dados, o volume de reserva pode ser calculado segundo os procedimentos seguintes:

PASSO 1: Determine o número de meses secos o que significa dizer os meses para os quais toda a demanda deve ser satisfeita pelo volume armazenado. Para Moçambique este valor é geralmente 4-5.

PASSO 2: Calcule a demanda de água para o período usando os mesmos procedimentos descritos no parágrafo 2.

PASSO 3: Calcule o volume de armazenamento pela fórmula:

Volume de armazenamento (m³) = Nr. de meses secos x demanda de água mensal (m³/mês)

De forma similar, se o volume obtido de reserva necessária é extremamente elevado ou se a construção do respectivo reservatório exige custos que superam a capacidade local de pagar pelo investimento, o cálculo anterior deve ser repetido para valores menores de demandas de água. A identificação de fontes alternativas para compensarem a demanda de água nos períodos críticos e a introdução de restrições no uso da água das cisternas, é também obrigatória.

7.2.3 Dimensionamento dos componentes do sistema

Conhecida a demanda efectiva de água ao longo do ano, os volumes possíveis de captar nas condições existentes de precipitação e conhecidas também as exigências em termos de áreas de captação e volumes de armazenamento, o passo a seguir no dimensionamento de sistemas de captação da água da chuva, é o dimensionamento dos diferente componentes do sistema. Os procedimentos para o efeito, são discutidos em nos próximos parágrafos.

7.2.3.1 Área de Captação

A área de captação deve ser concebida e dimensionada em função da disponibilidade local no que se refere ao que é exequível e economicamente viável de se construir. Em termos conceptuais existem apenas duas opções construtivas de áreas de captação designadamente:

- A captação em coberturas
- A captação no terreno

Captação em coberturas

Nesta opção faz-se uso da cobertura das casas/edifícios como área de captação o que significa que as mesmas têm que ser impermeáveis e convenientemente drenadas para garantir o máximo aproveitamento da chuva que cai. Em zonas rurais, a maioria das habitações têm cobertura de capim, folhas de palmeiras/bananeiras, colmo etc., o que as torna inadequadas para a captação da água da chuva se esta é destinada ao consumo humano. Nestes casos a água da chuva pode ser captada para outras utilizações domésticas como sejam, a higiene pessoal, a beberagem do gado, a rega de pequenas hortas e mesmo a construção. Alternativamente pode-se usar folhas de plástico para cobrir as coberturas atrás mencionadas e desse modo captar água que sirva o consumo humano mas esta solução pode ser cara para além de ser de horizonte de vida baixo.

O uso de chapa ondulada de zinco é certamente a forma mais simples e higiénica de combinar a função cobertura e captação da água na cobertura das casas. Se a cobertura for construída especificamente para a captação da água da chuva, as caleiras e demais órgãos de drenagem serão mais simples e baratas caso se opte por uma cobertura de apenas uma água (um caimento) em comparação com a opção de duas ou mais águas.

Como forma de garantir uma captação segura em termos higiénicos e de qualidade, o projecto de captação da água na cobertura deve incluir aspectos como o corte ou poda de árvores que tenham ramos estendendo-se para cima da cobertura uma vez que estes poderão constituir fonte de contaminação da água captada (devido P.e: à fezes de pássaros) ou de entupimento das caleiras e tubos de queda devido à folhas caídas das árvores.

Como regra, as estruturas de captação da água da chuva na cobertura das casas deve prever mecanismos que permitam o desvio para o esgoto, das águas das primeiras chuvadas que certamente arrastam consigo todos os detritos acumulados nas coberturas, durante a estação seca.

Captação no Terreno

Existe uma grande variedade de opções construtivas para a captação no terreno que dependem do tipo e condição dos solos na zona, da topografia do terreno e da localização e distribuição da população residente dentre outros factores. Uma vez que a captação no terreno é fundamentalmente usada para soluções comunais de abastecimento de água, a sua concepção e dimensionamento exigem uma boa planificação e o envolvimento de pessoal qualificado para a elaboração do projecto. O projecto deve portanto ser elaborado pelo consultor técnico.

Dado que a captação no terreno é apropriada à situações comunais de abastecimento de água, a mesma é adequada apenas a regiões onde a precipitação média anual é elevada. As principais exigências construtivas para a captação da água da chuva no terreno são:

- A superfície do terreno deve ser impermeável (ou semi-impermeável) e convenientemente drenada.
- A área de captação deve ser protegida (vedação) para evitar a entrada de animais ou pessoas que possam poluir a zona.

Caso não o sejam ao natural, os terrenos podem ser artificialmente impermeabilizados através das seguinte técnicas:

Impermeabilização com tela de argila compactada

Nesta opção, a área projectada para a captação é preparada através da remoção da camada de terra vegetal e cobertura da superfície coberta com uma camada de argila que é posteriormente compactada. Para além da compactação, a área de captação deve ser convenientemente drenada (inclinação + valetas ou drenos) para reduzir as perdas por evaporação e infiltração. A água captada neste tipo de superfícies deve ser submetida a tratamento para reduzir a turvação e eliminar eventuais microorganismos prejudiciais à saúde do homem.

Revestimento com asfalto, cimento, plástico etc.

Nesta opção, a área projectada para a captação é preparada através da remoção da camada de terra vegetal e revestida com um material impermeável tipo cimento, asfalto ou plástico. Deste modo, toda a água caída é recolhida para os pontos de armazenamento sem grandes perdas por evaporação e infiltração. Áreas de captação tratadas com estes materiais são de um padrão higiénico mais elevada que a solução anterior pois são mais fáceis de limpar. As exigências relativas à drenagem das superfícies são semelhantes às das áreas de captação tratadas com argila compactada.

Tratamento químico

Depois de removida a camada de terra vegetal, as superfícies destinadas à captação no terreno podem também ser impermeabilizadas por tratamento químico. Nesta opção, adicionam-se produtos químicos tais como sais de sódio que provocam a precipitação do material siltoso dos solos, reduzindo desse modo a porosidade dos solos e consequentemente diminuindo a permeabilidade dos mesmos.

A figura 7.2 em seguida, mostra um exemplo de uma captação no terreno.

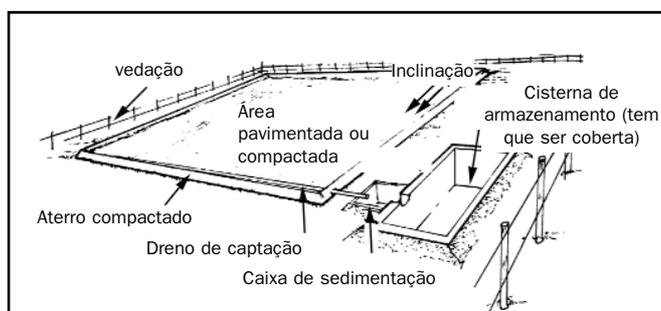



Figure 7.2

7.2.3.2 Caleiras e Valetas

As caleiras (captação na cobertura) e valetas (captação no terreno), devem ser dimensionadas para assegurar que toda a água caída na superfície de captação é convenientemente drenada para os pontos de armazenamento. O material para as caleiras e valetas deve ser escolhido de tal forma que se evite a acumulação rápida e excessiva de poeiras e impurezas que possam contaminar a água.

No caso da captação em coberturas, as caleiras podem ser produzidas localmente através de bocados de chapa de zinco cortadas à medida e dobradas em forma de U. Estas são posteriormente fixas à cobertura das casas através de arame ou outro material de fixação.

Em sistemas de captação pluvial de dimensões relativamente grandes ou em cenários onde a água da chuva é a fonte principal de abastecimento de água, o dimensionamento das caleiras, valetas e toda a tubagem de encaminhamento da água aos pontos de armazenamento, deve ser feito à rigor pois deve-se evitar no máximo a ocorrência de perdas de água por trasbordamento do sistema de drenagem.

Os parâmetros a considerar no dimensionamento de caleiras e valetas de sistemas de captação da água da chuva, são:

- A intensidade da chuvada de cálculo para o período de retorno considerado.
- A capacidade de vazão máxima dos órgãos em questão.
- As velocidades extremas (máximas) do escoamento nos órgãos em questão.

7.2.3.3 Cisternas de Armazenamento

As cisternas de armazenamento devem ser concebidas (em termos de tipologia) e dimensionadas (cálculo estrutural) com base nos volumes de armazenamento calculados na secção 7.22-passo 3 do presente manual. Os principais elementos construtivos das cisternas de armazenamento são resumidamente ilustrados na figura 7.3. à seguir. Note-se que os componentes indicados na figura, são independentes de a cisterna ter sido construída em alvenaria (pedra/bloco), betão ou ferrocimento. O armazenamento pode também ser feito em cisternas ou tanques plásticos, cujas dimensões e características são ditadas pela oferta do mercado. Em qualquer dos casos porém os aspectos a considerar na escolha ou dimensionamento de cisternas de armazenamento são:

- O volume de armazenamento necessário – vide parágrafo 7.2.2.
- O tipo (material) de cisterna – Plástico, betão, Ferrocimento, ou alvenaria de bloco/pedra
- O tipo de admissão de água- vide figura 7.3

Dado que as águas das primeiras chuvadas carregam consigo as impurezas acumuladas na área de captação, durante a estação seca, estas precisam ser drenadas para o esgoto antes de se iniciar o enchimento da cisterna. Uma forma de conseguir este desvio é a construção da entrada da cisterna conforme o esquema ilustrado na figura 7.3. Neste tipo de entrada, as águas das primeiras chuvadas têm que encher primeiro o tubo vertical e só depois disso é que inicia o enchimento da cisterna. O volume de água necessário para encher o tubo vertical até se iniciar o enchimento da cisterna, é o volume correspondente ás águas das primeiras chuvadas. Depois de cada chuvada, este volume de "limpeza" deve ser lançado ao esgoto.

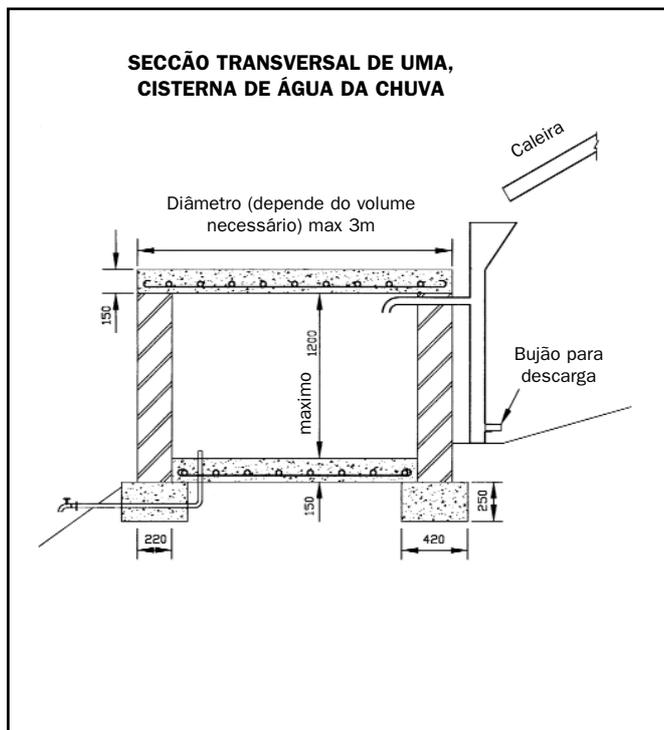



Fig 7.3

7.2.4 Construção

A figura 7.4 à seguir, mostra uma instalação tipo de captação de água da chuva em coberturas, para fins domésticos..

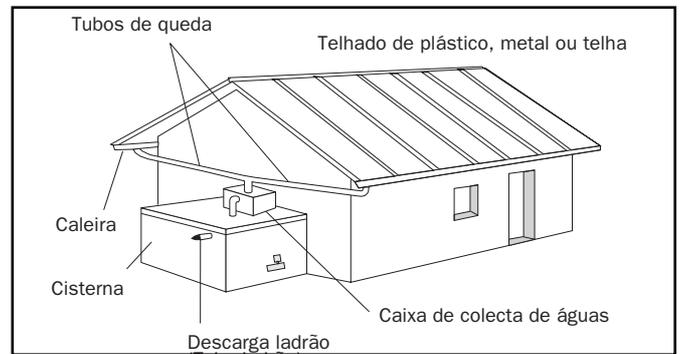



Figura 7.4: Instalação tipo de captação da água das chuvas em coberturas

i) Materiais necessários

- Cobertura – chapa de zinco (ondulada ou IBR), chapa galvanizada, chapas de alumínio, chapas plásticas (PVC), telha cerâmica.
- Caleiras – metálicas, plástico (PVC), Madeira, ou bamboo,
- Canalização – tubos de queda, e tubagem diversa (PVC, ferro galvanizado, HDPE etc.)
- Cisternas de Armazenamento - PVC, alvenaria de bloco/pedra, betão (simples/armado), ferrocimento.

ii) Área de captação, caleiras e valetas

Durante a construção destes componentes, deve-se assegurar o seguinte:

- que a área de captação é construída usando material apropriado, tem inclinação suficiente para garantir o rápido escoamento da água captada para os pontos de armazenamento e tem área suficiente para assegurar os volumes mínimos para satisfazer a demanda desejada.
- que todas as árvores com ramos pendendo para a área de captação são cortadas ou podadas regularmente.
- que toda a estrutura de encaminhamento das águas (caleiras, tubos de queda, tubos de encaminhamento) é bem dimensionada e é convenientemente construída.
- Estejam inclusos dispositivos para o desvio das águas das primeiras chuvadas para o esgoto.

iii) Armazenamento

Para a construção das cisternas de armazenamento deve-se seguir os seguinte passos:

PASSO 1: Escolha do tipo de cisterna ou tanque de armazenamento

Escolha o tipo de cisterna dentre uma das seguinte opções:

- Tanque plástico sobre plataforma rígida (geralmente betão simples)
- Cisterna construída em alvenaria de bloco/pedra revestida com argamassa de cimento e areia
- Cisterna construídas em ferrocimento
- Cisterna simples enterrada

A figura 7.5, mostra um exemplo típico de uma cisterna simples enterrada. Embora sendo de construção simples e barata, este tipo de cisternas (de construção tipicamente rural) tem algumas desvantagens designadamente: o risco de contaminação da água caso o revestimento interno (geralmente argamassa de cimento e areia) seja de fraca qualidade e a necessidade de bombagem para extracção da água.

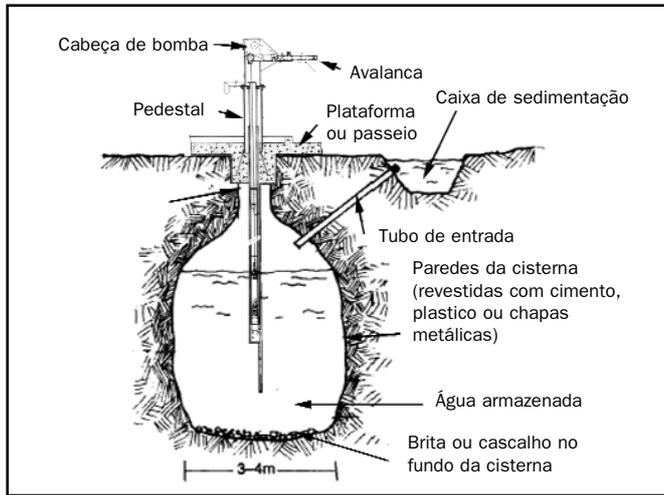



Figure 7.5

Das quarto opções de cisternas indicadas anteriormente, apenas uma será discutida em detalhe ao longo deste manual. A opção escolhida é a opção de cisternas ferrocimento sobre as quais serão discutidos em detalhe os procedimentos construtivos.

PASSO 2: Após a escolha do tipo de cisterna, prepare um esboço detalhado da cisterna à construir, inclusive os pormenores relativos a tubagem de entrada, saída, descarga (tubo ladrão) e emergência. Para mais pormenores vide figura 7.6.

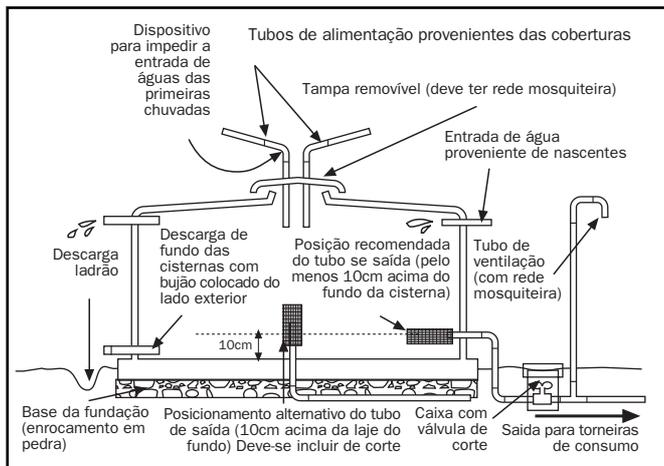



Figure 7.6

PASSO 3: Elabore a lista de materiais e ferramentas necessárias

Para além da designação dos materiais e ferramentas necessárias, esta lista deverá indicar as quantidades necessárias que por sua vez dependem das dimensões escolhidas para a cisterna. O consultor técnico deve providenciar detalhes sobre estas quantidades inclusive a componente de perdas.

- Arame de construção
- Malha de armadura segundo as especificações indicadas pelo consultor técnico
- Ferro (varões) para armadura
- Rede galinheiro (18 ou 20 gm) – 12 mm
- Cimento (sacos)
- Areia fina (kg ou m3)
- Água
- Rede mosquiteira
- Madeira para cofragem, andaimes e outros
- Pedra
- Cobertura para resguardar do sol

PASSO 4: Escolha da localização adequada para a cisterna

Escolha um local perto da fonte (área de captação) para a localização da cisterna.

Figura 7.7 Localize o reservatório junto à fonte

PASSO 5: Prepare a fundação

- Escave cerca de 30 cm de solo na zona onde pretende localizar a cisterna, cobrindo uma área que seja pelo menos 20 cm mais larga que a área prevista para a implantação da cisterna.
- Rege e compacte (a maço) convenientemente a zona escavada antes de iniciar com a construção da base da cisterna.

PASSO 6: Construção base da cisterna

- Espalhe uma camada de betão de limpeza (betão ao traço 1:2:4) com cerca de metade da espessura desejada para a laje de fundação. Antes que o betão de limpeza seque completamente, coloque a armadura da laje e espalhe o resto de betão até atingir a espessura desejada para a laje de fundação.
- Aguarde pelo menos 1 dia para permitir o endurecimento do betão assegurando no entanto que o betão da laje de fundação é constantemente regado para evitar a fissuração.
- Depois de um dia de endurecimento, prepare os roços onde será lançada a argamassa fresca que irá constituir as paredes da cisterna. A preparação destes roços deve ser cuidada, assegurando que o betão (já seco) é suficientemente descascado (com martelo e escopro) por forma a expor os inertes. Antes do lançamento da argamassa fresca, a zona dos roços deve ser bem limpa e humedecida para garantir a aderência da argamassa ao betão já endurecido.

PASSO 7: Preparação da Jaula

- Corte a malha na direcção vertical para criar “orelhas” de rede que vão constituir o tecto da cisterna.
- Molde a malha para que fique circular e com a forma da cisterna projectada, com uma sobreposição de minimamente 500 mm, e fixe os dois partes da rede sobrepostas com arame de construção.
- Dobre as “orelhas” da malha do tecto para compor o tecto. Coloca as varões para compor a abertura de inspecção, e fixe tudo com arame.

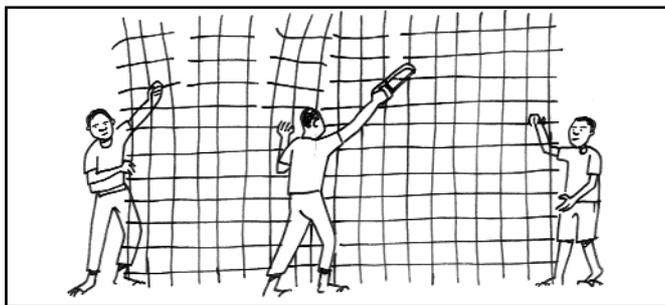



Figura 7.8

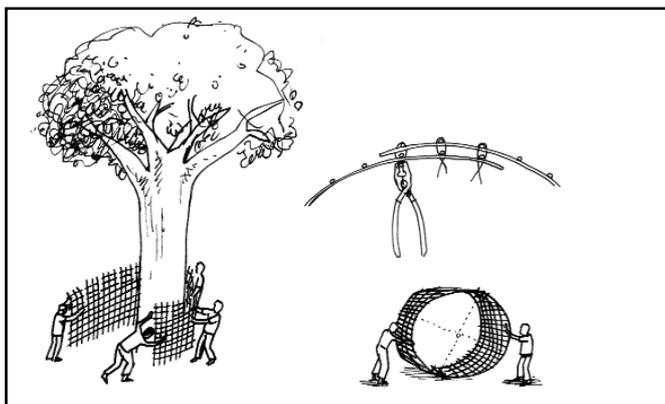



Figura 7.9

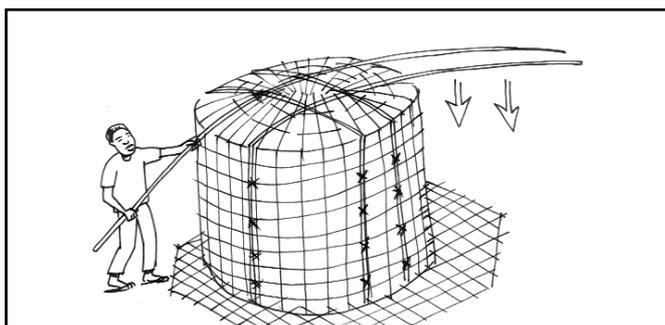



Figura 7.10

PASSO 8: Colocação da rede galinheiro e da tubagem da cisterna

- Fixe a rede galinheiro à volta da cage, usando arame de construção para a fixação.
- Instale toda a tubagem da cisterna respeitando as disposições indicadas no esboço elaborado para a cisterna (figura 7.6). A tubagem a ser inclusa compreende:
  - A tubagem de admissão de água proveniente da(s) área(s) de captação
  - A tubagem de saída da água para a(s) zona(s) de consumo
  - A(s) descarga(s) overflow (tubo ladrão)
  - A(s) descarga(s) de fundo

Passo 9 Preparação da argamassa das paredes
A qualidade da argamassa e consequentemente da cisterna depende da forma como esta é preparada e da qualidade dos inertes usados na sua preparação. Os procedimentos para a preparação de uma argamassa de boa qualidade são descritos em seguida:

- Prepare a areia da mistura, crivando-a (granulometria a ser especificada pelo consultor técnico) e lavando-a para remover impurezas e material orgânico. Deixe a areia secar antes de iniciar a preparação da argamassa.

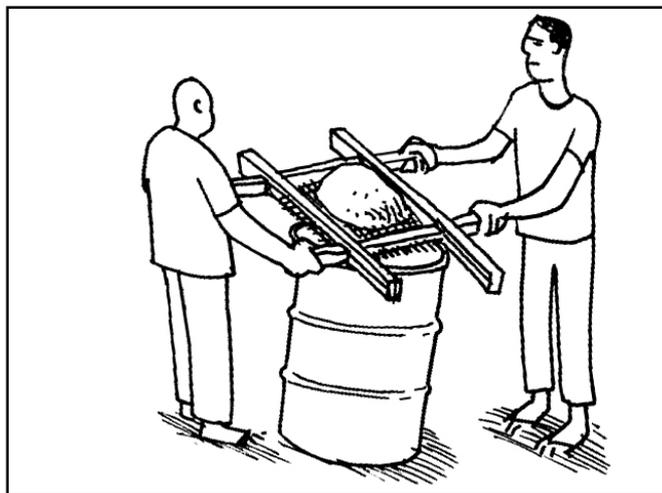



Figura 7.12

- Numa zona previamente preparada para o efeito, prepare a argamassa usando as quantidades de mistura recomendadas pelo consultor técnico. A mistura ideal para este tipo de argamassa é de três baldes (balde de pedreiro) de areia para um balde de cimento. Misture convenientemente usando pás apropriadas.

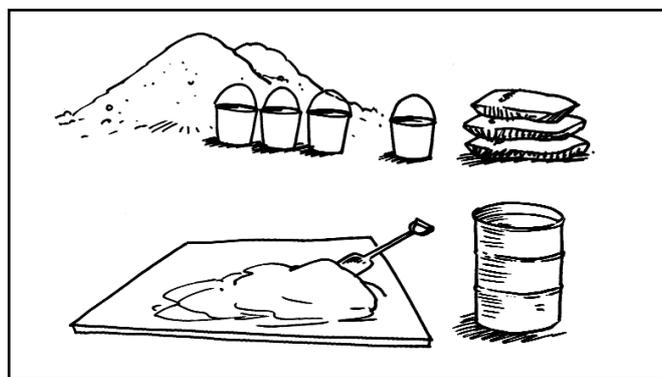



Figura 7.13

- Adicione água em pequenas quantidades misturando constantemente até obter uma massa suficientemente consistente para garantir a sua trabalhabilidade.

PASSO 10: Colocação da argamassa

- Lance uma primeira camada de argamassa formando um primeiro anel com cerca de 30 cm de altura. A espessura das paredes da cisterna deve ser especificada pelo consultor técnico devendo no entanto, ser mais espessas na base da cisterna e à volta da tubagem inserida nesta.
- O lançamento da argamassa constituinte das paredes das cisternas, deve ser feito de ambos lados da rede galinheiro o que pressupõe o envolvimento de pelo menos dois pedreiros em cada frente de trabalho. O lançamento da argamassa deve ser ininterrupto até a sua conclusão pois só dessa forma se evita o surgimento de fissuras. O lançamento da argamassa das paredes é feito em anéis com cerca de 30 cm de espessura e com os anéis subsequentes com espessura decrescente em função da altura do tanque. O primeiro anel deve ser construído com cerca de 30 cm de espessura e o último com cerca de 6 mm de espessura.
- A cura das paredes das cisternas deve ser feita durante 14 dias consecutivos período durante o qual as paredes devem ser constantemente humedecidas para evitar a fissuração.

PASSO 11 : Elementos complementares

Os elementos complementares à construção da cisterna são:
- Construção da valeta para a drenagem da água das descargas (emergência e descarga de fundo). Estas podem ser revestidas com uma argamassa pobre. Na zona de impacto do jacto das descargas pode-se colocar pedra destinada à absorver o impacto provocado pela queda da água. Deste modo evita-se a destruição do revestimento das valetas de drenagem.
- Colocação da rede mosquiteiro em todas as abertura por onde possam entrar insectos que poderão contaminar a água armazenada.
- Construção e colocação da tampa da cisterna.
- Limpeza e desinfecção do interior da cisterna e da tubagem diversa.

Nota final: depois de concluída, a cisterna deve ser mantida sem ser enchida durante pelo menos 30 dias para permitir o endurecimento da argamassa das paredes.

7.2.5 Operação e Manutenção. (se a água captada é posteriormente filtrada, consulte o capítulo 9 para complementar as instruções de Operação e Manutenção.)

7.2.5.1 Operação

O primeiro cuidado de operação de sistemas de captação e armazenamento de água das chuvas é o referente ao desvio para o esgoto, da água captada das primeiras chuvada. O desenho tipo de cisternas de armazenamento da água da chuva, estabelece a obrigatoriedade de inclusão de um dispositivo para este fim o qual deve drenado regularmente, de preferência no final de cada chuvada que contribui com caudal para a cisterna.

O Segundo cuidado de operação destes sistemas é o referente à gestão da água armazenada particularmente em zonas onde a estação seca é de mais de 5 meses. A actividade principal consiste portanto no controle regular dos níveis de água dentro da cisterna (através P.e: de uma régua de escala). As leituras na régua de escala devem ser usadas para definir restrições no consumo de água por forma a que o volume armazenado seja capaz de cobrir todo o período seco até ao início da época chuvosa seguinte. Se for uma régua desmontável, esta deve ser convenientemente guardada para evitar que a mesma constitua posteriormente, foco de contaminação da água da cisterna.

7.2.5.2 Manutenção

i) Actividades semanais
Limpar/varrer a área de captação, limpara as caleiras, valetas e tubos de queda por forma a remover todo o tipo de impurezas eventualmente depositadas (fezes de pássaros e pequenos animais, folhas, lixo etc.)

ii) Actividades anuais
- No final da estação seca e com as cisternas vazias, reparar todas a fissuras/fugas eventualmente reportadas durante o período anterior.
- Verificar o estado dos seguinte elementos e reparar se necessário: coberturas, caleiras, tubos de queda, elementos de fixação das caleiras, tubos de encaminhamento da água para a cisterna.
- Se o sistema incorpora uma componente de filtração (filtros de areia) o material filtrante, verifica, lavar (usando água limpa) e/ou renovar material filtrante pelo menos uma vez por ano. Se for usado outro tipo de filtros (por exemplo “strainer”, “filter” ou “screen”) estes devem ser inspeccionadas e reparados(se necessário) com maior frequência.
- Inspeccionar pelo menos duas vezes por ano, a rede mosquiteiro colocada no tubo ladrão e renovar (se necessário).
- Remover as lamas depositadas e acumuladas no fundo da(s) cisterna(s), pelo menos uma vez por ano.
- Após a realização de reparações no interior das cisternas ou mesmo depois da descarga das acumuladas no fundo das cisternas, estas devem ser desinfectadas antes do se realizar o enchimento subsequente. O método mais simples de desinfecção consiste na adição de uma solução preparada segundo uma das seguinte opções: solução baseada em 3 partes de vinagre para uma parte da água; solução preparada com base em 1 kg de pó royal dissolvido em 9 litros de água; solução constituída por _ copo (75ml) com HTH à 5% dissolvido em 45 litros de água.
- Depois da desinfecção, a cisterna deve ser mantida pelo menos 36 horas sem enchimento.Depois deste período as cisternas são lavadas usando água limpa.

7.2.6 Estimativa de custos

Os custos apresentados na tabela são referentes apenas ao custo de construção de uma solução de captação da água da chuva to tipo domiciliar (captação na cobertura). Os mesmos dependem obviamente da disponibilidade de coberturas adequadas para a captação que, não entram no cálculo do custo do sistema global.

Custos	Valor- $
Custos de Investimento (US $)	$200
Custos Operacionais (US % por ano)	$0
Custos de manutenção (US % por ano)	$20

(os custos apresentados nesta tabela são baseados nos custos praticados em 2003 daí terem que ser ajustados para períodos posteriores à esta data.)

7.2.7 Listas de verificação de implementação

Vide anexo 4

8. PEQUENOS SISTEMAS CANALIZADOS

8.1 RESERVA EM PEQUENOS SISTEMAS RETICULADOS

8.1.1 Generalidades

Ao se conceber um pequenos sistemas canalizados de distribuição de água, o critério base é a distribuição dos pontos de consumo (fontanários, ligações domiciliares) à distâncias que não excedam os 200m da fonte de água. A água é geralmente distribuída através de um sistema canalizado, composto por tubos quer de Polietileno preto (HDPE) quer de PVC (Polietileno azul) ou ainda através de tubo de ferro galvanizado (FG) ou Dúctil (DI) nos casos em que as pressões na rede são elevadas.. A água é geralmente aduzida da fonte para os reservatório (pode ser uma torre elevada), de onde é posteriormente distribuída através do sistema reticulado para os pontos de consumo (fontenários ou para ligações domiciliárias).

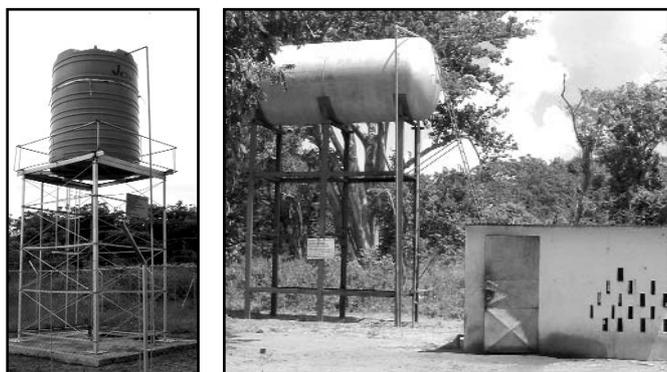



Figura 8.1 : Depósito de armazenamento de água de um pequeno sistema canalizado.

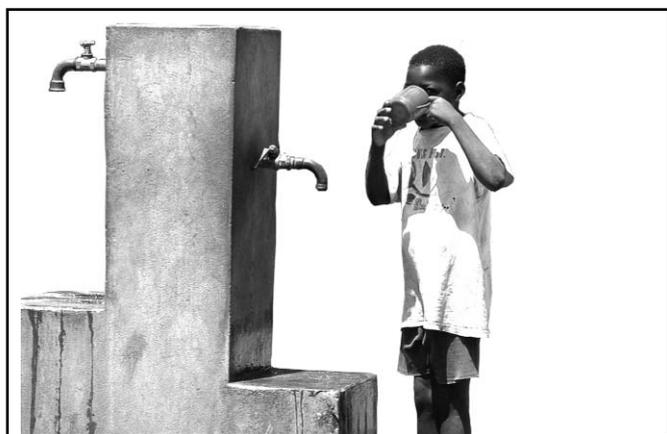



Figure 8.2 : Fontenário de dois bicos

Os principais componentes de um pequeno sistema canalizado de distribuição de água são:

- Depósito ou tanque de armazenamento;
- Tubagem de adução e distribuição (da fonte até aos pontos de armazenamento e consumo)
- Válvulas ventosas
- Dispositivos de protecção contra o choque hidráulico (caso necessário);
- Caixas de visita para os seguinte tipos de acessórios:
  – Válvulas de seccionamento da rede;
  – Válvulas de descarga (localizadas nos pontos baixos da rede);
  – Maciços e blocos de ancoragem ;
  – Pontos de consumo designadamente:
  – Ligações domiciliares;
  – Fontanários

8.1.2 Considerações de cálculo

8.1.2.1 Capacidade de reserva

Dependendo da sua localização, a função principal dos reservatórios de água é:

- Assegurar existência de água para satisfazer as situações de pico no consumo de água.
- Assegurar a existência de água para situações de emergência (P.e:, rotura da tubagem principal, avarias dos equipamentos de bombagem ou paragens forçadas devido à trabalhos de manutenção).

A capacidade do(s) reservatório(s) deve ser calculada conforme os dados e critérios indicados na Tabela 8.1 em seguida..

Parâmetros gerais para o cálculo do volume de reservatórios em pequenos sistemas canalizados de água	Descrição
Horizonte do projecto (n)	5 à 10 anos para todos trabalhos de construção civil, excluindo a fundação
População (Poppresente)	População presente (Pp)
Taxa de crescimento (Pg)	Utilize a taxa de crescimento estipulada pelo INE. Para zonas rurais, a mesma varia de 0 a 2.5% por ano.
População de cálculo (Popfutura.)	Calculada para o horizonte de projecto indicado anteriormente Com base na fórmula:(Popfutura = Poppresente x (1+Pg)n)
Capitação (cap.(l/pessoa.dia))	20 litros ou de acordo com o estipulado localmente
Demanda média diária de água (DMA	DMA = cap(l/p.dia) x Popfutura
Volume de reserva para o caso de depósitos enterrados	• 48horas x DMA (se o reservatório é alimentado por uma só fonte) • 36horas x DMA (se o reservatório é alimentado por mais de uma fonte) • 24horas x DMA (se o reservatório é alimentado por uma fonte por gravidade)
Volume necessário em torres elevadas	• Minimo = 4horas x DMA • 16horas x DMA (se o mesmo é alimentado por 2 ou mais fontes subterrâneas) • 24horas x DMA (se o mesmo é alimentado por uma única fonte subterrânea)
Volume de Tanques de polietileno sobre uma estrutura (torre) de suporte	Até 60m^3 de capacidade de armazenamento
Volume de Tanques metálicos sobre estrutura (torre) de suporte	Até 75 m^3 de capacidade
Volume de tanques metálicos pressurizados	Mais de 75 m3 de capacidade

Tabela 8.1

**As dimensões de depósitos enterrados em betão são geralmente determinadas em função da demanda média diária multiplicada por 48 horas quando os mesmos são alimentados por uma única fonte, por 36 horas quando os mesmos são alimentados por mais de uma*

fonte ou multiplicado por 24 horas se os mesmos são alimentados por um sistema por gravidade. Exceptuam-se neste caso os sistemas de abastecimento de água através de fontes subterrâneas nos quais o uso de reservatórios apoiados/enterrados é inadequado. Nestes casos, a demanda diária de água deve ser armazenada em tanque elevados com capacidade para 16 horas de distribuição (caso sejam alimentados por 2 ou mais fontes) ou com capacidade para 24 horas de distribuição (se o(s) mesmo(s) são alimentados por uma única fonte). Quando se usam tanques elevados para armazenamento de água, aconselha-se o uso tanques de Polietileno caso a capacidade de reserva é até 60 m3, tanques metálicos sobre estrutura de suporte caso a capacidade de reserva é até 75 m3 e o uso de tanques pressurizados sobre estrutura de suporte, para capacidade de reserva maiores que 75 m3 . A capacidade mínima de tanques elevados deve ser suficiente para cobrir a demanda diária de água durante pelo menos 4 horas.

8.1.2.2 Localização de depósitos de pressão (apoiados ou torres elevadas)

A localização dos reservatórios de pressão (reservatórios de serviço) deve ser feita tomando em consideração os seguinte aspectos:

- De modo a que a tubagem de distribuição aos pontos de consumo seja o mais curto possível;
- Se os mesmos são simultaneamente usados como ponto de consumo (os consumidores deslocam-se ao reservatório para buscar água), então devem ser colocados por forma a estarem equidistante de todos os consumidores;
- Se a água é distribuída por gravidade à partir dos mesmos, a sua localização deve ser tal que assegure que as pressões residuais exigidas quer ao longo da tubagem quer nos pontos de consumo localizados nos pontos mais afastados. Valores regulamentares são 7m.c.a mínimo e máximo de 40m.c.a

8.1.2.3 Materiais para construção de reservatórios

Na construção de reservatórios de água, deve-se assegurar que o material usado é de alta qualidade, e que localmente há disponibilidade de acessórios e peças sobressalentes. Em termos de opções para a construção de reservatórios pode-se recorrer aos seguintes materiais:

- Betão armado para o caso de reservatórios de grande capacidade;
- Ferro galvanizado;
- Fibrocimento;
- Tanques Plásticos e de borracha

O material do reservatório deve ser seleccionado com base nas seguintes considerações:

- Custo;
- Técnicas exigidas na construção.

8.1.3 Construção

A construção de reservatórios é uma tarefa especializada que requer habilidades e inputs especiais designadamente:

- Projecto executivo elaborado por um engenheiro qualificado;
- Especificações técnicas com detalhes sobre o seguinte:
  - Resistência do betão;
  - Pormenores de armadura e de estruturas de suporte caso estas são em aço;
  - Pormenores da canalização (tubagem , válvulas e acessórios);
  - Desenhos técnicos pormenorizados.

A execução das obras deve por norma ser adjudicada à um empreiteiro qualificado seleccionado com base num concurso público. O empreiteiro escolhido deve estar capacidade e ter meios para executar os seguintes trabalhos:

- Construção ou erecção de estruturas de aço;
- Construção de estruturas em Betão;
- Lançamento de tubagem e acessórios.

8.1.4 Operação e Manutenção

8.1.4.1 Manutenção de Rotina

Desinfecção dos reservatórios (apoiados ou depósitos elevados)

Uma vez concluída a construção o(s) reservatório(s), devem ser limpos de todos os detritos (entulho),o chão e as paredes devem ser lavadas e a água de lavagem drenada para fora.

Para a desinfecção dos reservatórios, os mesmos devem ser enchidos com água deixando uma folga de aproximadamente 30 cm com o topo dos mesmos. Seguidamente deve-se adicionar cuidadosamente, uma solução de cloro por forma a alcançar uma concentração residual mínima de 10 mg/litro.

Todas superfícies internas da estrutura, incluindo a tubagem, deve ser cuidadosamente lavadas com uma solução de cloro. Depois que todo o pessoal se tiver retirado da estrutura, deve-se desinfectar a escada de acesso ao interior do reservatório.

A solução de cloro deve ser drenada antes do enchimento do reservatório com água potável .

Durante a operação normal, o procedimento de desinfecção deve ser repetido sempre que alguém entrar para o reservatório para fins de manutenção.

8.1.5 Estimativa de custos

O custo de construção de um reservatório é fortemente influenciado pelas condições locais nos locais onde o mesmo vai ser construído o que torna difícil a apresentação de uma estimativa de custo padrão para este tipo de projectos. O projecto de reservatórios deve ser elaborado caso a caso e o respectivo custo estimado em função do projecto final que variará de acordo com o seguinte:

- Capacidade do reservatório;
- Condições dos solos de fundação nos locais onde se pretende construir;
- Topografia.

8.2 TUBAGEM PARA RETICULAÇÃO

8.2.1 Critérios de Projecto

8.2.1.1 Dimensionamento da tubagem

Este manual foi elbaorado assumindo um sistema de distribuição de água através de rede de distribuição em zones rurais com recomendação para que seja aplicado nos casos em que o ponto de consumo não seja mais de 500 m da fonte. O dimensionamento da tubagem é feito de acrodo com o regulamento moçambicano para sistemas de abastecimento

de água e esgotos que usa como base a densidade populacional (atigo 26 do regulamento). Para mais detalhes consulte o regulamento para sistemas de abastecimento de água e esgotos. De seguida apresentam-se os principais aspectos a considerar.

Elemento/parâmetro	Critério
Velocidade do escoamento	A tubagem deverá ser dimensionada por forma que a velocidade de escoamento se mantenha dentro dos limites mínimo e máximo de acordo com o artigo 24 do regulamento
Ventosas	Devem ser instalada em todos os cumes
Descargas	Devem ser instaladas de tal forma que permitam o esvaziamento da conduta para efeitos de manutenção por ex. Nos pontos de baixa cota .
Material da tubagem	Tubagem em polieteleno (HDPE ou PVC) ou Tubagem de ferro (aço) (para os casos em que o escoamento se irá procesar com pressões muito altas)
Horizonte de Projecto	Tubagem enterrada: 20 - 30 anos Tubagem exposta: 10 - 20 anos (dependendo do material da conduta a instalar)

8.2.1.2 Definição da linhas de implantação das condutas

- As linhas de implantação de condutas deverão ser escolhidas tendo como base a localização da bomba, do tanque e dos pontos de consumo.
- A linha tem que se o mais curta possível. A distância máxima entre a fonte e ponto de consumo deve ser definida de acordo com os critérios de velocidade mínima admissível e pressão residual no ponto de consumo (atigo 24 do regulamento)
- No que diz respeito a pressão residual e para questões de projecto é adoptada uma perda de carga unitária de entre 5 e 10 m/Km.
- O perfil da conduta deve ser definido por forma a que se minimize o número de pontos altos e baixos. Isto deve contudo ser minimizado por forma a manter o comprimento o mais curto possível.
- Devem ser tomadas medidas adequadas para a instalação de válvulas em todos os pontos altos bem como a instalação de descargas no pontos mais baixos para permitir o esvaziamento da conduta se necessário.
- O projecto de Qualquer conduta deverá seguir as normas estipuladas no regulamento moçambicano para sistemas de abastecimento de água e esgotos.

8.2.1.3 Escolha do tipo de tubagem

i) Material da tubagem

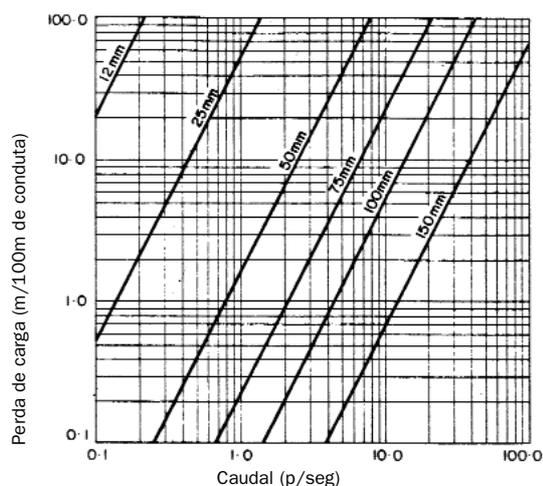
A escolha do material da tubagem será tipicamente na base de:

- Pressão na conduta
- Custos da conduta e acessórios
- Conhecimentos necessários para a instalação da conduta
- Exposição a luz solar que poderá afectar os troços não recobertos
- Disponibilidade da tubagem
- Susceptibilidade a corrosão, degradação mecânica e envelhecimento bem qualquer quaisquer causas de deterioração da tubagem no caso particular em referência.
- Custos de armazenamento;

Cada material exige exigências específicas em termos de manuseamento, armazenagem e colocação. Estas deverão ser tomadas em consideração no processo de escolha.

ii) Classe e tamanho da Tubagem

Na determinação do tamanho e classe da tubagem deverá ser considerada a seguinte informação:

- Caudal de pico na tubagem por ex. Requisitos mínimos para bombagem ou demanda de pico para tubagem com escoamento em gravidade.
- Pressão máxima na tubagem exemplo nível estático mais perdas por fricção e se possível sobrepressões devidas ao choque hidráulico se aplicável.
- O diâmetro do tubo deverá, normalmente, ser seleccionado com base na velocidade de escoamento. Para detalhes veja o artigo 24 do regulamento moçambicano para sistemas de abastecimento de água e esgotos. .
- A decisão sobre o tamnaho da tubagem deve tomar em consideração a evolução da área servida. Pode sre que seja economicamente justificável incluir no projecto uma reserva para essas necessidades. Esta decisão deverá ser tomada com base numa análise detalhada dos custos e benefícios.
- Como auxílio apresenta-se abaixo um diagrama que pode ser usado no processo de escolha da tubagem adequada seguido dum exemplo na próxima página. Este diagrama é específico para cada classe e material em causa deve portanto ser obtido do fabricante.

iii) Válvulas e acessórios

- Todas as válvulas e acessórios deverão ser dimensionadas para o escoamento contudo não devem ser ultrapassados os limites estipulados pelo fabricante.
- As válvulas e acessórios deverão localizados em pontos de fácil acesso para manutenção.

Protecção contra golpe de ariete

- O golpe de ariete ocorre, geralmente, quando se regista uma paragem brusca do escoamento devido ao fechamento de válvula na conduta ou paragem de bomba sem que esta tenha uma roda de inércia. Esta paragem poderá, levar ao surgimento de diferenças bruscas de pressão na conduta, causando o efeito de choque hiráulico.
- O projecto e verificação ao golpe de ariete na conduta será necessário, nos casos em que possa ocorrer um dos casos mencionados na alínea anterior, e em especial nos casos em que a água será bombeada a grandes distâncias e contra gradientes muito elevados.
- O projecto e verificação ao golpe de ariete é tarefa dum especialista devendo por isso ser requerida a sua intervenção no projecto.
- O recurso ao polieteleno, uPVC ou fribra de vidro pode minimizar o efeito do choque hidráulico devido a elasticidade das condutas.
- O efeito do choque é mais severo em condutas rígidas, como aço e asbestocimento.
- A protecção contra o choque hidráulico pode ser instalada junto a bomba ou nos pontos altos, indicados pelo projecto, ao longo do perfil.
- A protecção pode consistir em:
  – a flywheel fitted to the pump,
  – a reflux valve fitted at the pump, or in the pump line
  – um vaso de ar junto a bomba,
  – um tanque de descarga (chaminë de equilíbrio) no ponto alto da conduta.,
  – ou uma válvula de alívio de pressão junto a bomba.

Ventosas

- As ventosas são necessárias para a saída do ar durante o processo de construção para retirar o ar durante o enchimento da conduta, bem como para deixar entrar ar durante o funcionamento da conduta se casoocorrer uma redução da pressão excessiva a conduta por ex. Durante a descarga.
- AS ventosas deverão ser instaladas em todos os pontos altos da conduta;
- O andamento da conduta deve ser determinado por forma a que se minimize no número de pontos altos ao longo do perfil e assem minimizar no custo do projecto..
- As ventosas podem constituir um ponto de contaminação da água na conduta e devem por isso ser colocadas por forma a que se minimize tal risco.

Válvula de seccionamento (isolamento)

As válvulas de isolamento são concebidas por forma a permitir o isolamento duma parte do sistema para efeitos de manutenção sem provocar a paragem no resto em linhas simples também servem para isolar para da conduta e permitir o trabalho na parte danificada ou de interesse sem esvaziar toda a conduta. Estas válvulas são também usada para isola ventosas e contadores para efeitos de manutenção. No caso de condutas curtas é desnecessário o seu uso.

Válvulas de Descargas

Devem ser tomadas devidas precauções para permitir o esvaziamento da conduta no ponto mais baixo. Deve prever-se a drenagem das águas esvaziadas por forma a prevenir a erosão de solos

Maciços de amarração e âncoras

Âncoras e maciços de amarração devem ser usados em todos os casos em que haja um desvio em mais do que 100 no alinhamento tanto vertical como horizontal da conduta. Os maciços deverão também ser usados nos casos de mudança do diâmetros da tubagem, no nós terminais (cegos), no pontos muito inlcinados (mais do que 1:6). Estes maciços deverão ser dimensionados de acordo com as especificações do fabricante e tipo de solo.

Caixas de visita para válvulas

Os aspectos de projecto para caixas de visita para válvulas são:

- Espaço suficiente para manobras, por forma a permitir o uso de ferramenta como chaves o aperto e desaperto de porcas e parafusos, isto é requerido tanto para válvulas e seccionamento, ventosas e outras.
- Protecção contra actos de vandalismo
- Deve ser garantida a ventilação da caixa por forma a permite a saída da humidade de dentro da caixa.
- Todas as aberturas deverão ser fechadas usando redes para evitar a entrada de insectos como abelhas e outros que possam criar ninhos dentro da caixa.

Generalidades

O projecto deverá também incluir:

- Hastes de sinalização de curvas ao longo do alinhamento, a conduta deverá ser direita entre as curvas;
- A inclinação da conduta deverá ser maior que 0.3 % (0.3 m por 100 m de comprimento),
- A profundidade das valas deverá ser especificada de acordo com os requisitos do fabricante. As recomendações típicas mínimas para profundidade de instalação são:
- Travessias de estradas ou ruas – diâmetro do tubo + camada de assentamento + 0.80 m
- Qualquer outro local – diâmetro do tubo + camada de assentamento + 0.60 m
- A camada de assentamento deve ser especificada e no mínimo deve ser de 0.10 m.

8.2.2 Construção

Informação para esta secção foi tirada das normas comuns para instalação de tubagens de uPVC e mPVC compiladas pela DPI Plastics (Pty) Ltd, fornecedor daquele material. Refira-se ao manual para mais.

8.2.2.1 Requesitos

A supervisão dos trabalhos deve ser garantida por uma pessoa com conhecimentos sólidos relativamente a especificações e métodos de instalação de tubagem. Mas também é possível treinar e utilizar mão de obra local durante o processo de construção. O projecto deve ser posto a concurso com as seguintes indicações para guiar a sua implementação.

- Desenhos detalhados (pormenores etc)
- Especificações detalhadas no mínimo referentes a:
- Andamento da conduta
- Perfil da conduta
- Localização de válvulas e acessórios
- Especificações de conduta e material i.e. diâmetro, material, classe etc
- Especificação de instalação

Um projecto contendo esta informação deverá ser posto a concurso através do qual será seleccionado um empreiteiro que no mínimo tenha acesso as seguintes qualificações.

- Topografia
- Instalação de tubagem
- Pequenos trabalhos de colocação de betão
- Trabalho com tubagem colocação de acessórios e válvulas.

8.2.2.2 Etapas de construção

Os elemento envolvidos na construção são:

- Escavação
- Colocação de tubagem
- aterro
- Instalação de válvulas
- Testes de condutas

ETAPA 1: ESCAVAÇÃO DE VALAS

- Devem ser colocadas bandeirolas de indicação ao longo do traçado da conduta conforme o projecto.
- O fiscal (supervisor) deverá colocar e nivelar esses marcos donde será determinada a cota de instalação da conduta como forma de garantir que esta segue o perfil definido no projecto.
- A largura da escavação deverá ser o mínimo possível o suficiente para permitir a junção da conduta e compactação do espaço a volta da conduta. A largura da conduta deve em geral ser 300 mm mais larga que o diâmetro da tubagem.
- A colocação da tubagem deve iniciar junto com a escavação e deve ser aterrada de imediato. As juntas devem de preferência serem deixadas em aberto até que seja feito o ensaio de estanquidade da conduta.

ETAPA 2: PREPARAÇÃO DA VALA

Uma vez terminada a abertura da vala, todos os materiais duros como pedras, devem ser removidos para evitar a danificação da conduta.

Quando a vala estiver pronta, deve ser colocada um leito de assentamento da conduta. Este consiste de 50mm de areião com boa capacidade de drenagem, pedra, solos friáveis. O fiscal (supervisor) deverá aprovar o material aplicado. (Diagrama 1)

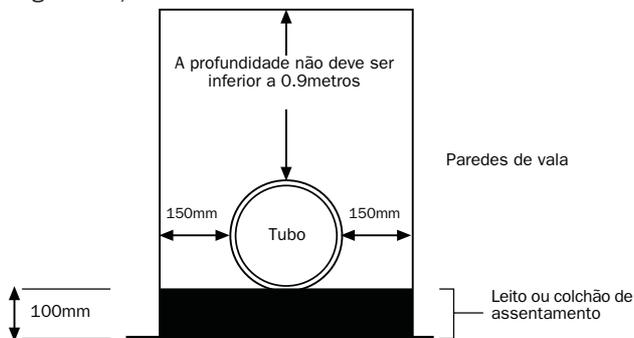



Figura 8.3

A camada de assentamento deve ser construída passo a passo em pequenas porções e compactada de forma a permitir a criação duma camada uniforme na qual se irá posteriormente colocar a tubagem.

O diâmetro da maior parte do material a colocar na camada de assentamento não deverá ser superior a 20 mm. Ë permitida a presença de alguns materiais com mais de 40 mm, desde que essa quantidade desse material represente uma percentagem muito reduzida do total aplicado e que não seja angulosa.

Etapa 3: Colocação da tubagem

- A tubagem deve ser aterrada de imediato logo após a colocação, de preferência deixando as juntas para inspecção durante o teste de estanquidade..
- As extremidades da conduta devem ser fechadas por forma a que não possam entrar detritos ou animais como ratos, dentro da conduta.

Etapa 4: Construção da Tubagem – Procedimentos na materialização de juntas em uPVC (extraído do manual da Duroflow para a colocação de tubagem uPVC)

Ferramenta necessária:

- Roupa limpa
- Baioneta
- lubrificante
- Serrote médio e roda de corte de tubo plástico (caso esteja previsto o corte de tubo)
- Medium file (if cutting is anticipated)

i) Execução de juntas

- Verificar se a tubagem nas extremidades e remover qualquer obstáculos que possam estar ai.
- Verificar toda a extremidade da tubagem e confirmar se está correctamente chanfrada a 150 de acordo com o eixo da tubagem

Figura 8.4

O anel vedante (LYNG) de borracha são inseridos na fábrica. Verifique se estão correctamente instalado e estão livres de materiais ou lamas. (Figure 8.5).

Figura 8.5

O anel vedante e o anel de seguraça de poliproleno são mostrados na Figure 8.6. (o anel de segurança não é necessário para condutas de 50 mm)

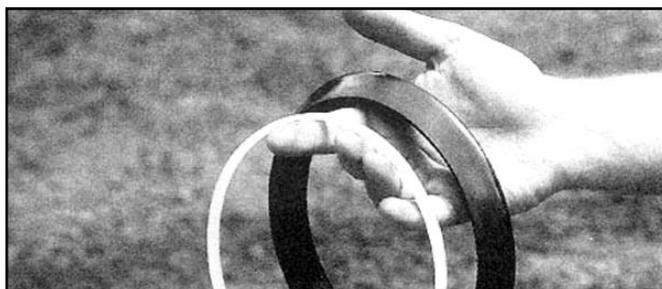



Figura 8.6

Limpe a parte terminal da tubagem e verifique se a superfície está lisa e livre e cortes ou rugosidade. Se a parte terminal tubagem se apresentar com cortes ou rugosidade excessivas coloque-a de lado para ser inspeccionada por um agente técnico do fabricante (Figure 8.7).

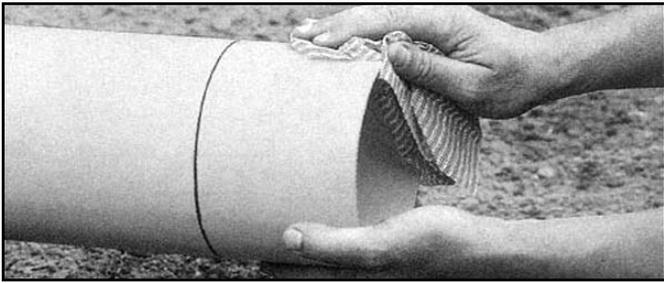



Figura 8.7

Aplique o lubrificante a volta da terminal para união até metade da distância da marca que indica a profundidade de entrada. Lubrifique o vedante também (Figure 8.8).

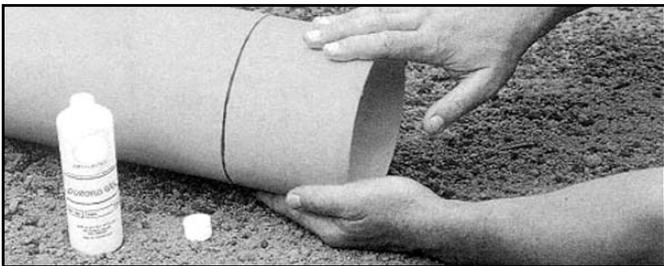



Figura 8.8

Posicione a parte chanfrada da conduta de tal forma que a parte frontal se junte ao anel vendante (Figure 8.9).

Figure 8.9

Verifique ambos o alinhamento horizontal bem como vertical da conduta e da junta. A parte que vai do anel para fora serve de guia ao tubo chanfrado at'e o anel.   O anel branco evita que o vedante se movimente durante a montagem dos tubos.

Uma vez que o flexibilidade dos tubos de diâmetros de 100 mm e abixo, possa dificultar o alinhamento correcto durante a montagem, recomenda-se que a foça seja aplicada junto ao ponto de junção mantendo firme ambas as extremidades a juntar.

Empurre o tubo para a boca da junção até que alacance a marca. Este procedimento deve ser feito com um movimento facilitado (pouca resistência). A junta está entãso completa (Figure 8.10).

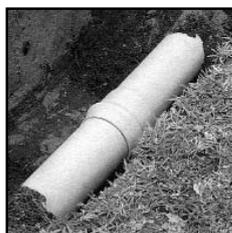
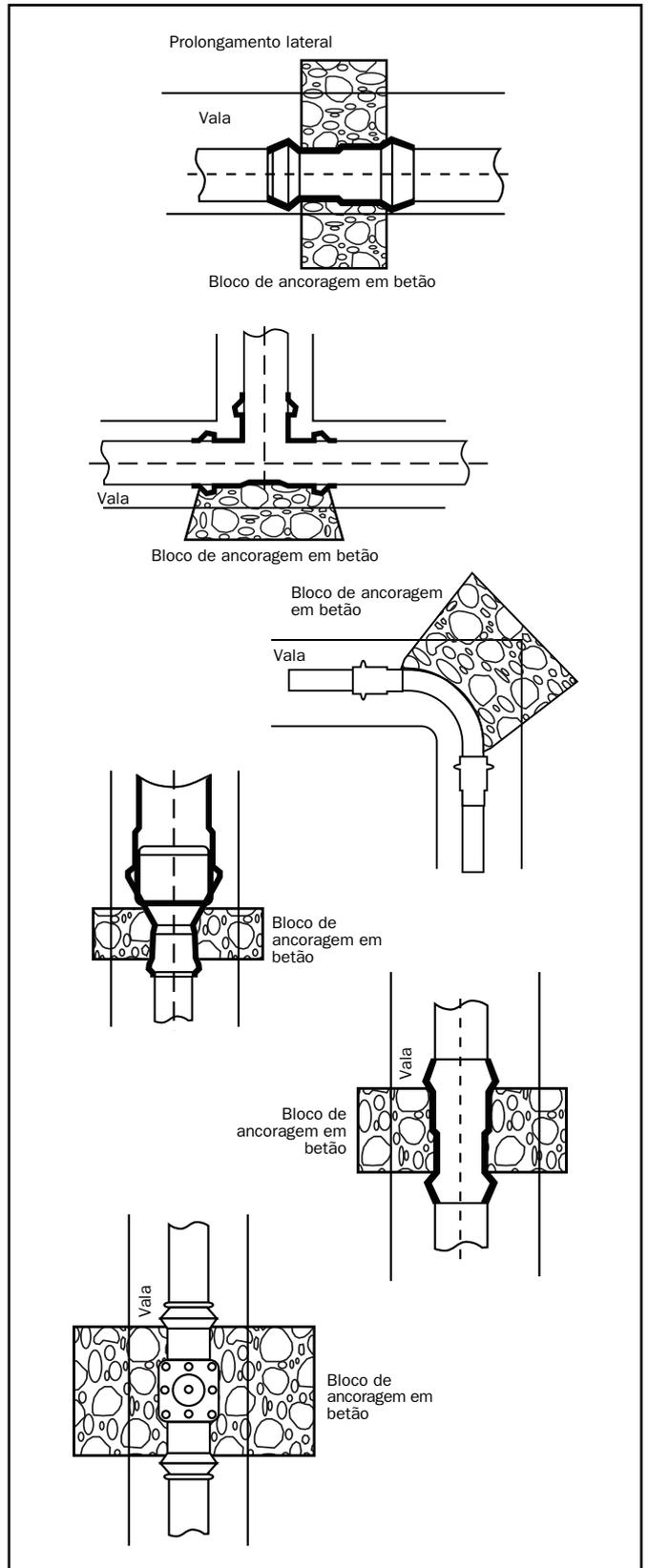



Figure 8.10

ii) Ancoragem

A tubagem deve ser ancorada em todas as mudanças de alinhamento, reduções e extremidades. Normalmente recorre-se a blocos maciços de betão em todos os pontos de ancoragem. A dimensão dos maciços depende da pressão no tubo e das características do terreno. Os pontos de ancoragem devem ser protegidos por membranas de plástico.

A figura 8.11 abaixo mostra algumas configurações típicas de maciços de amarração.

iii) Aterro

Enchimento lateral e início de aterro

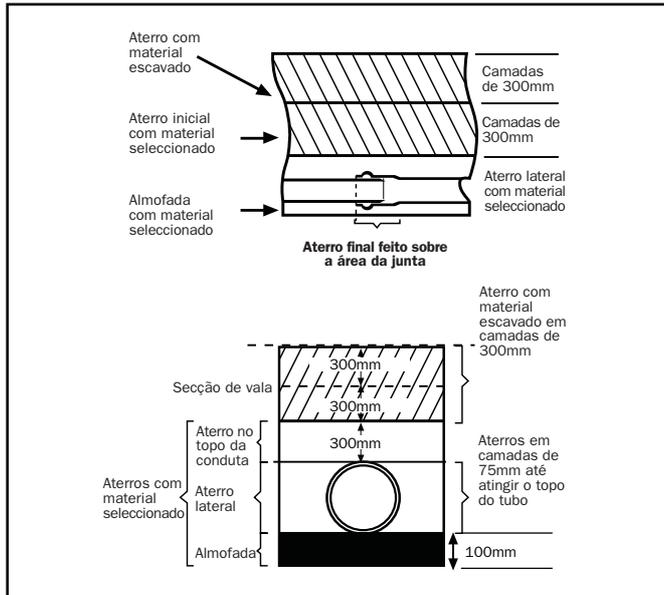



Figure 8.12

É importante que se proceda ao aterro da vala logo a seguir a coloca,cão da tubagem.

O enchimento lateral da vala deverá ser feito em camadas de 75 mm usando material adequado aprovado pela fiscalização. O material de enchimento deve ser compactado com cuidado tendo em conta o risco de danificar a tubagem. O enchimento da vala deve ser feito simulataneamente em ambos os lados da conduta para evitar que esta seja deslocada do seu eixo de implantação.

Uma vez o aterro da vala alcance o topo do tubo deve proseguir com o aterro em camadas de 150 mm ao longo de toda a largura da vala até uma altura de 300mm acima do topo do tubo. Todas as camadas deverão ser compactadas manualmente.

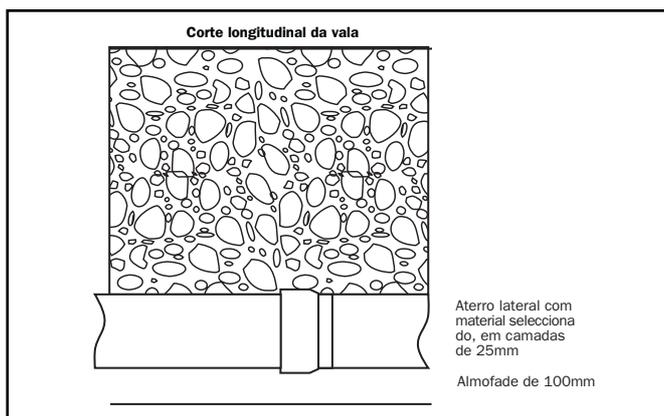



Figure 8.13

iv) Aterro geral

O resto da vala, com excepção dos locais onde as juntas deverãos ser deixadas a vista, deverão ser prenchidas em camadas de 300 mm e neste caso poderá recorrer-se aos solos provinientes das escavação. Cada camada deverá ser compactada sendo que primeira deverá ser manualmente e o resto de forma mecânica se for esta a preferência.

v) Ensaio de estanquidade

É necessario proceder ao teste de pressão a conduta usando uma bomba que possa gerar uma pressão de 1.5 a pressão de serviço da conduta. Para pequenos cumprimentos não se crê que este procedimento seja prático portanto recomen da-se que as juntas sejam mantidas abertas (nao aterradas) até que o sistema seja colocado em operação e dai verificar qualquer fuga de água. Depois de certificar que não ocorrem fugas então poderá proceder-se ao enchimento das partes deixas em aberto para inspeção, seguindo os mesmo procedimento de enchimento que os descritos acima. Para tubagens longas (200m+) o primeiro método descrito deve ser seguido.

vi) Instalação típicas de válvulas

- Válvulas de seccionamento

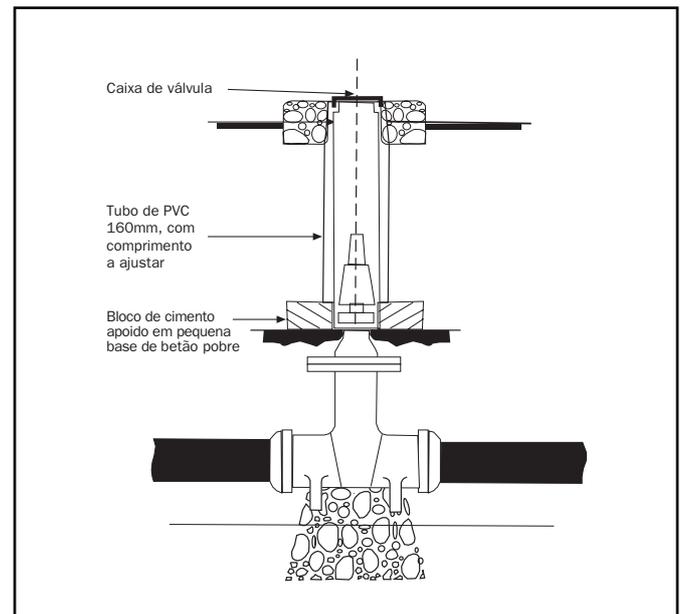



Figure 8.14

Ventosas

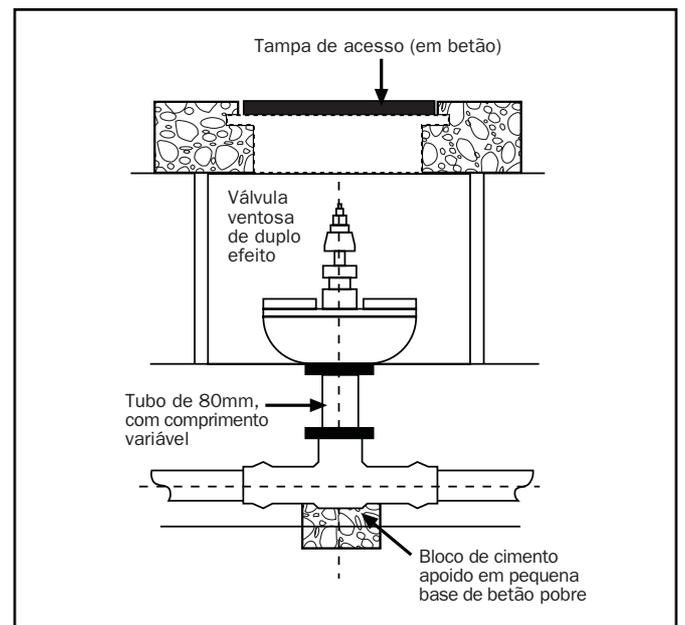



Figure 8.15

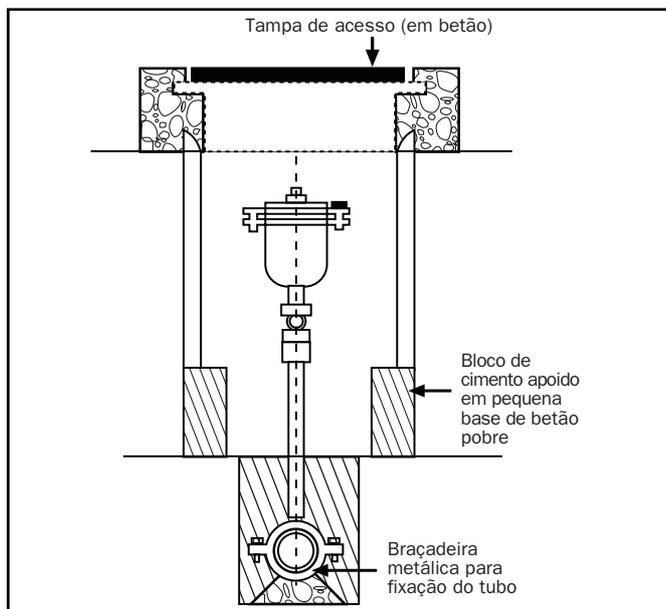



Figure 8.16

Válvulas de descarga

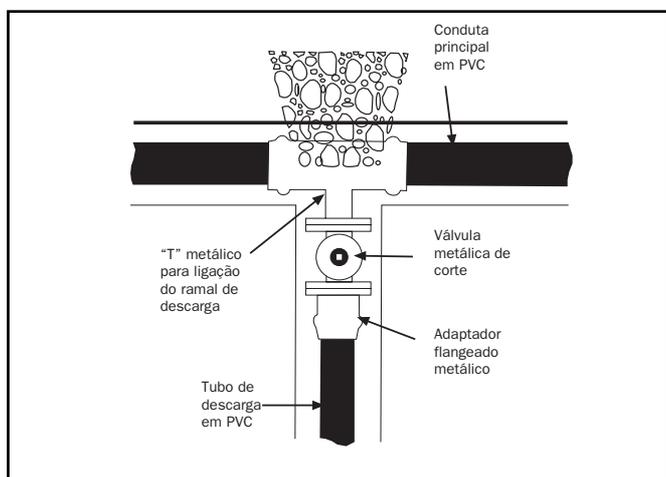



Figure 8.17

Outros locais a ter em consideração

Transporte
Durante o transporte o carregamento de tubos deve ser feito de acordo com as indicações do fabricante tomando em atenção qualquer objecto cortante que possa eventualmente cortar a tubagem durante o movimento do veículo.

Armazenamento
Será necessário tomar cuidado para que durante o transporte e armazenamento a amarração da tubagem não está excessivamente justa.

Manuseamento e armazenagem da tubagem para construção
A tubagem não deve ser exposta a altas temperaturas e deve ser mantida debaixo da sombra.
A tubagem deve ser descarregada manualmente e nunca atirada para fora do veículo.
Na armazenagem dos tubos deve ser garantido que a superf'icie está livre de objectos cortantes ou líquidos que possam danificar a tubagem.
Deve tomar-se cuidado para que a tubagem não seja aramazenada em locais onde haja risco de incêndio por exemplo capim seco ou outro inflamável.
A Figure 8.18 abaixo apresenta a forma típica de armazenamento da tubagem em superfícies razoavelmente plana. Os juntas (macho e fêmea) são colocadas de forma alaternada em cada linha de tal forma que se consiga uma boa arrumação. Cada conjunto de tubos não deverá exceder 1 m em altura.

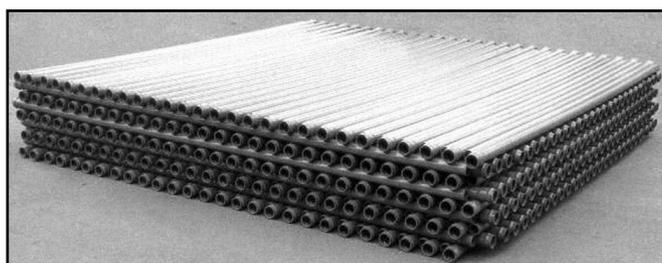



Figure 8.18

8.2.3 Operação e manutencão

8.2.4 Avaliaçãod e custos

Uma vez que os projectos podem ser muito diversificados torna-se díficil definir um custos mesmo que indicativo. O sistema deverá ser dimensionado de forma cuidadosa e os custos serão determinados de acordo com a versão final desse projecto que serão varáveis de acordo com os seguintes elementos.

Extensão da tubagem
Diâmetro da tubagem
Condições do terreno
Topografia

8.2.5 Lista de verificação para implementação

Veja anexo 4

9 TRATAMENTO (PURIFICAÇÃO) DOMICILIAR DA ÁGUA COM BASE NA FILTRAÇÃO

9.1 GENERALIDADES

Neste capítulo, discutem-se as opções técnicas de purificação de água adequadas para utilização domiciliar. As técnicas discutidas são de importância especial para comunidades que dependem de fontes susceptíveis de ser contaminadas. A filtração é uma dessas técnicas e destina-se à remover a turvação e a eliminar microorganismos presentes na água. Os filtros caseiros podem ser construídos usando material local e são relativamente eficazes na remoção e eliminação de baterias presentes na água desde que se estabeleça um fluxo de água lento e constante através do meio filtrante. Caso o fluxo estabelecido é rápido, os filtros só estarão em condições de remover a turvação da água (tratamento físico) o que pressupões a inclusão de um estágio adicional (desinfecção) para eliminação de bactérias.

Planificação e considerações de projecto – Veja também o esquema típico de um filtro ilustrado na figura 9.1.

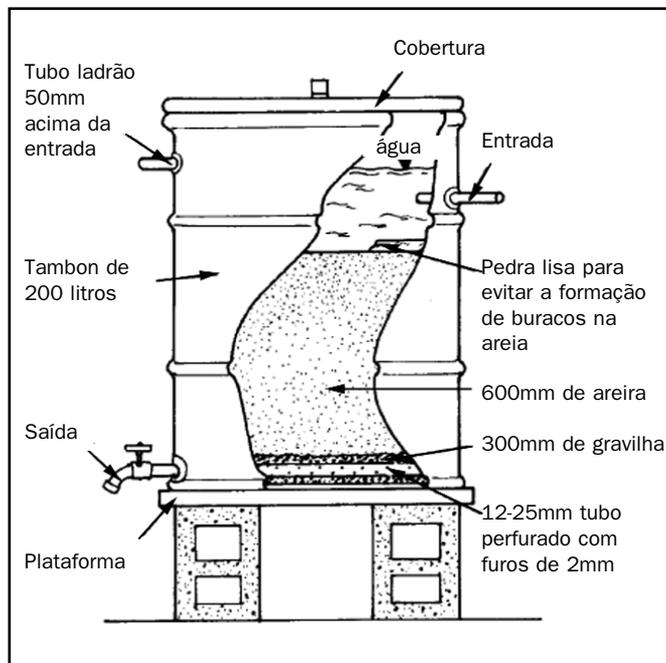



Figura 9.1: Filtros de areia para uso doméstico

- Regra geral, um filtro construído num tambor de 200 litros é mais que suficiente para satisfazer as necessidades de água potável de uma habitação normal.
- A composição do leito filtrante deve no mínimo ser em areia com 60 cm de espessura.
- A granulometria da areia deve ser idealmente de 0.2 a 0.5 mm mas caso não haja disponibilidade local deste tipo de areia, pode-se usar areia com granulometria entre 0.1 à 1 mm.
- A areia deve ser convenientemente crivada e apresentar uma boa uniformidade. Deve-se assegurar uma distribuição uniforme dos grãos de areia. Geralmente areias finas produzem melhor qualidade de água enquanto que areias grossas permitem a passagem de matéria orgânica e bactérias através do filtro.
- A base do filtro deve ser feita com uma camada de enrocamento constituída por brita ou gravilha de granulometria 30 à 50 mm.
- A descarga do filtro deve ser dimensionada de tal forma que não permita a passagem da brita para dentro da tubagem de descarga. Se isto acontecer a descarga pode ser entupida comprometendo assim a eficiência do filtro.
- O filtro deve ser equipado com um tubo ladrão caso se pretenda operar o filtro de forma contínua.
- O tubo de descarga do filtro deve ser posicionado de tal forma que, a superfície da areia esteja sempre abaixo do nível de descarga da água pois é preciso assegura que a areia do filtro esteja sempre submersa. O escoamento através do filtro deve ser controlado por meio de uma válvula colocada na tubagem de descarga para esse propósito.
- O caudal máximo de filtração num filtro construído num tambor de 200 litros não deve exceder 1 litro/minuto.
- Nunca se deve permitir que a areia seque completamente. Se isso acontecer a areia deve ser substituída visto que quando seca pode conter bactérias e contaminar a água.
- O filtro deve ser ligado à um depósito que armazene a água tratada.

NOTA: A EFICIÊNCIA DO FILTRO CASEIRO DEPENDERÁ DA QUALIDADE E DO RIGOR NA OPERAÇÃO DO MESMO, MAS ACIMA DE TUDO NA QUALIDADE DA ÁGUA DA FONTE. CASO PERSISTAM DÚVIDAS SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA APÓS FILTRAÇÃO, PODEM SER TOMADAS MEDIDAS ADICIONAIS DE TRATAMENTO TAIS COMO A DESINFECÇÃO POR FERVURA, A CLORAÇÃO. EM QUALQUER DOS CASOS, DEVE-SE PROCURAR O CONSELHO DE UM ESPECIALISTA PARA A TOMADA DA DECISÃO FINAL.

9.2 CONSTRUÇÃO

Um filtro caseiro pode ser construído usando-se tambores metálicos conforme ilustrado no diagrama da figura. Se este for o caso, deve-se ter em atenção o seguinte :

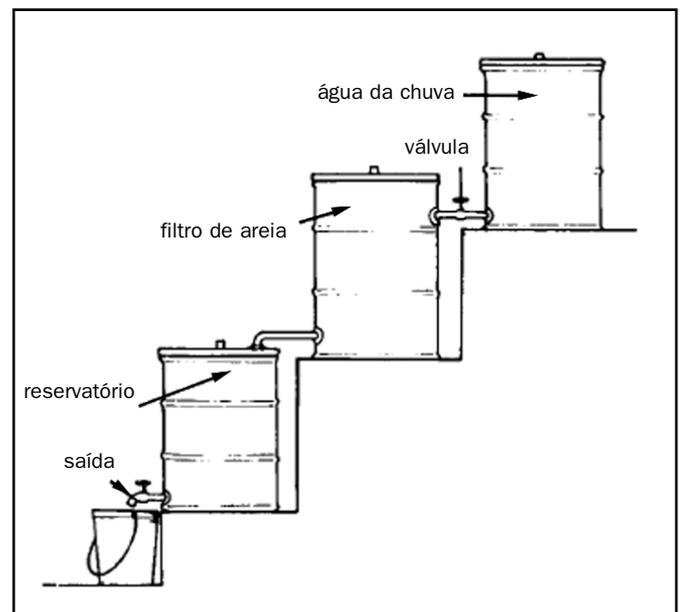



Figura 9.2: Filtro doméstico de areia com escoamento por gravidade e armazenamento de água tratada

IMPORTANTE: DEVE-SE ASSEGURAR QUE O MESMO NÃO FOI USADO PARA A ARMAZENAR SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS TÓXICAS. SE TAL FOR CONSTATADO, O MESMO DEVE SER DESTRUÍDO. . NÃO SE DEVE TENTAR LIMPÁ-LO POIS ISSO PODE CONDUZIR À SITUAÇÕES PERIGOSAS PARA À SAÚDE DOS UTENTES, PODENDO E, ALGUNS CASOS LEVAR À MORTE.

9.3 OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

Operação

- É essencial que se assegure um escoamento contínuo e ininterrupto de água através do filtro..
- O filtro deve ser mantido coberto a todo momento, com vista a evitar a entrada de luz para o seu interior e desse modo prevenir o crescimento de algas na superfície da areia.
- O filtro deve ser ventilado para permitir o desenvolvimento da camada biológica na superfície da areia. É esta camada que é responsável pela purificação bacteriológica da água.

Manutenção

A taxa de filtração deve ser monitorada constantemente para verificar se a mesma se mantém constante. Se a mesma baixa substancialmente, é uma indicação de que o filtro está colmatado (entupido) . Se tal acontecer o filtro deve ser limpo o que se consegue por executar o seguinte:

- Remoção de uma camada de aproximadamente 5 cm da parte superior do leito filtrante (areia).
- Escarificar ou arranhar suavemente a superfície exposta

Nota - a limpeza deve ser feita em períodos regulares de algumas semanas como forma de não perturbar o crescimento da camada biológica na superfície do leito filtrante.

Depois de se haver executado a quarta limpeza consecutiva do filtro, a espessura do leito filtrante deve ser reporta à espessura original. Em termos práticos, quatro limpezas do filtro representam uma perda de cerca de 20 cm da espessura do leito filtrante que devem ser repostos com areia nova. Para o efeito, deve-se realizar o seguinte:

- Escarrificar a superfície da areia após realizada a quarta limpeza
- Adicionar areia de modo a restabelecer o nível original (60 cm) do leito filtrante .

Se a disponibilidade de areia adequada para a filtração, for limitada na zona, deve-se procurar fazer o reaproveitamento da areia retirada do filtro entre a 1ª e 3ª limpeza consecutivas do filtro. Antes de repor esta areia no filtro, a mesma deve ser lavada convenientemente.

Figura 9.3

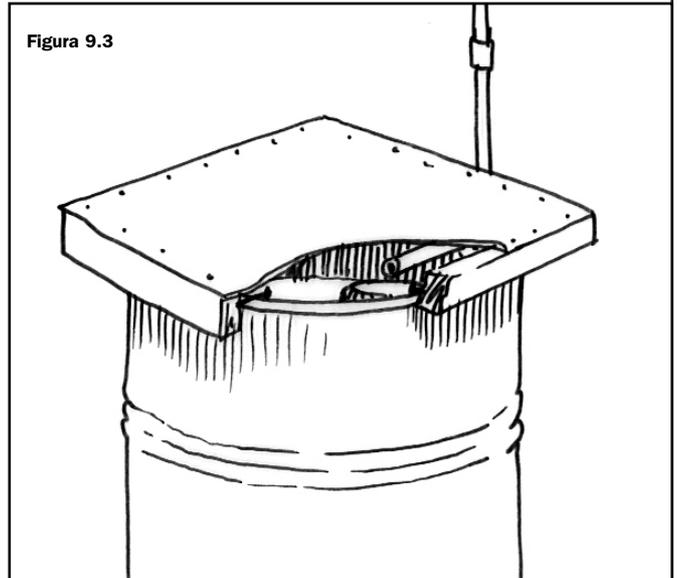
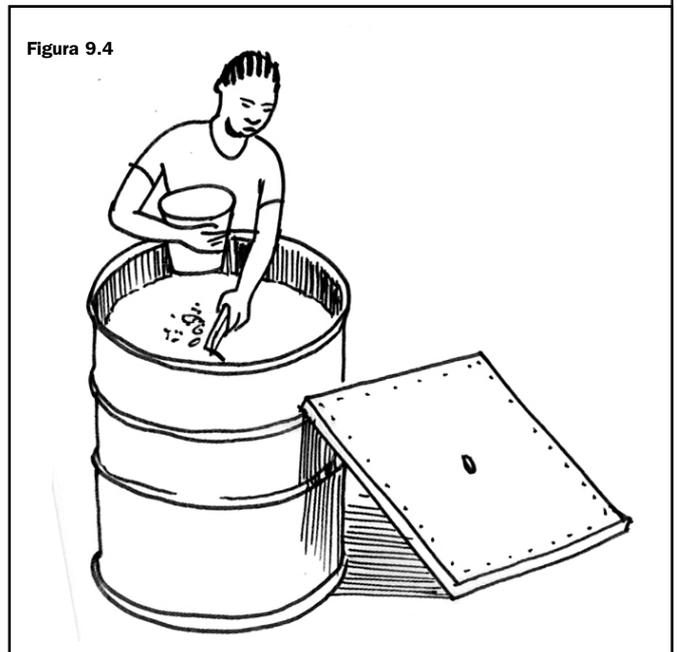



Figura 9.4

9.4 ESTIMATIVA DE CUSTO

Os valores indicados na tabela a seguir são apenas indicativos para sistemas domiciliares e dependem da disponibilidade local de materiais para a construção dos filtros.

Custo	Valor - $
Custo Capital (US $)	$200
Custo Operacional (US / por ano)	$0
Custo de Manutenção (US /por ano)	$20

(Estes valores são baseados nos custos praticados em 2003 daí que devem ser actualizados para períodos posteriores à essa data).

9.5 Lista de verificação da implementação

Vide anexo 4.

REFERÊNCIAS E RECURSOS

As seguintes referências e recursos foram usadas e adaptadas na produção deste manual.

TITULO	EDIÇAO	AUTOR
Community Water Development	Intermediate Technology Publications 1989	Charles Kerr
Rainwater Harvesting – The collection of rainfall and runoff in rural areas	Intermediate Technology Publications 1986	Arnold Pacey Adrian Cullis
Village Handpump Technology – Research and Evaluation in Asia		Donald Sharp Michael Graham
Rainwater Catchment for Future Generations	Proceedings of the 5th International Conference on Rain Water Cistern System	Show-Chyuan Chu
The Development of Effective Community Water Supply System Using Deep and Shallow Well Handpumps		Derek G Hazelton
Rainwater Catchment Possibilities for Botswana	Second Edition	JE Gould
Rural Water Supply Handpumps Project – Laboratory Evaluation of Hand-Operated Water Pumps for Use in Developing Coutries	UNDP Project Management Report Number 2	The World Bank Washington D.C U.S.A
Solar Water Pumping – A Handbook	Intermediate Technology Publications 1985	Jeff Kenna Bill Gillett
Developing and Managing Community Water Supplies	Oxfam Development Guidelines no 8	Gerry Garvey Michael Wood Jan Davis
Disinfection of Rural and Small-Community Water Supply – A manual for design and operation	Published by the Water Research Center (1989)	WRC
Handpumps – Issues and concepts in rural water supply Programmes – Technical Paper Series	Technical Paper No 25	IRC
Rain Catchment and Water Supply in Rural Africa: A Manual		Erik Nissen-Petersen
Ultraflo MPVC Pressure Pipes – Codes of Practice		DPI Plastics
Constructing, Operation and Maintaining Roof Catchments	Technical Note No RWS 1.C.4	Water for the World
Constructing a Ground Level Storage Tank	Technical Not No RWS 5.C.2	Water for the World
Constructing a Household Sand Filter	Technical Note No RWS 3.C.1	Water for the World
Development and protection of remote springs	22nd WEDC Conference: Discussion paper	Wouter Jan Fellinga
Constructing a Household Cistern	Technical Note No RWS 5.C.1	Water for the World
www.southx.co.za	Website	Southern Cross windmills
www.ruraltech.co.za	Website	Afridev
www.lifewater.org	Website	Lifewater
Afridev Handpump Installation and Maintenance Manual	SKAT	SKAT / HTN Publication 1995 SGS India Limited, Hyderabad, India